

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - CAMPUS IPATINGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Adalberto Mariano Almeida Motta
Camila Pereira Faria

**SEGURANÇA EM EDIFICAÇÕES: análise e projeto de sistema de proteção contra
descargas atmosféricas segundo a NBR 5419**

Ipatinga
2025

ADALBERTO MARIANO ALMEIDA MOTTA
CAMILA PEREIRA FARIA

**SEGURANÇA EM EDIFICAÇÕES: análise e projeto de sistema de proteção contra
descargas atmosféricas segundo a NBR 5419**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Ipatinga para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte

Ipatinga

2025

M917s Motta, Adalberto Mariano Almeida; Faria, Camila Pereira.

Segurança em edificações: análise e projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas segundo a NBR 5419. Adalberto Mariano Almeida Motta; Oliveira; Camila Pereira Faria.– 2025.

82f.;il.

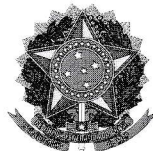
Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Ipatinga*, 2025.

1. Descargas atmosféricas. 2. Edificações. 3. Análise de risco.
I. Duarte, Carlos Renato Magalhães. II. Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Ipatinga*. III. Título.

CDD 621.317

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Ipatinga

Rua Maria Silva, n.º 125, Veneza - Ipatinga - MG - CEP 35.164-261
(31) 3829-8615 / (31) 97133-4399 - gabinete.ipatinga@ifmg.edu.br

ANEXO III

ATA DA DEFESA DO TCC

Aos 26 dias do mês de novembro de 2025, às 17 horas, na sala 204 do IFMG Campus Ipatinga, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) pelo(a) aluno(a), sendo aprovado com a nota 75% pela Banca Examinadora, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC.

O(a) aluno(a) deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações e no formato solicitado em 10 de dezembro de 2025.

O aluno está ciente de que, caso não cumpra os procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, sua nota será considerada zero e a sua defesa será anulada. Também está ciente de que o trabalho de conclusão de seu curso poderá ser divulgado pela instituição através dos seus meios de comunicação.

Observações pertinentes à defesa:

Revisar o texto conforme as solicitações da banca.

NOME COMPLETO E ASSINATURA DOS COMPONENTES
DA BANCA E DO DISCENTE ORIENTADO

Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte Assinatura: Duarte

Membro: Oseias de Paula Ferreira Assinatura: Oseias

Membro: Gabriel Miranda Freitas Assinatura: Freitas

Aluno(a): Camila Pereira Faria Assinatura: Faria
Adalberto Mariano Almeida Motta Assinatura: Motta

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por tamanha bondade e graça sobre minha vida. Por não apenas ter me dado um caminho, mas por me sustentar em todos os momentos, sendo meu amigo sempre presente.

Agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram a persistir nos estudos e me proporcionaram todo o conforto possível para que eu pudesse concentrar minhas energias no aprendizado.

Agradeço aos familiares e amigos mais próximos por compreenderem os momentos em que estive ausente, pelas palavras de incentivo, por me ouvirem desabafar sobre os desafios enfrentados e por comemorarem comigo cada conquista ao longo da trajetória.

Agradeço aos meus colegas de turma, que trilharam esse caminho ao meu lado e tornaram a rotina dos dias mais leve com humor, amizade e parceria.

Agradeço aos professores, que se dedicaram com excelência a nos fazer entender cada disciplina, mesmo diante de toda a complexidade, sempre com leveza e paciência.

“Tudo o que fizerem, façam de todo o coração,
como para o Senhor, e não para os homens.”

Colossenses 3:23

RESUMO

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) é de suma importância para a segurança de indivíduos, equipamentos e edificações. Essa relevância é acentuada no Brasil, país com elevada incidência de raios. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo principal analisar um projeto elaborado em 2007, identificar não conformidades e propor um novo projeto segundo a norma vigente ABNT NBR 5419:2015, destacando a aplicação da análise de risco, ferramenta não prevista na revisão de 2005 da norma. O projeto original foi criteriosamente analisado, e uma análise de risco foi realizada para o galpão a fim de verificar a real necessidade de proteção. Com base na norma e utilizando o software AutoCAD, um novo projeto foi desenvolvido. Foram identificadas algumas não conformidades, como erro na seção dos cabos e ausência de proteção em determinadas áreas. Por outro lado, na captação, constatou-se um superdimensionamento, resultando em uma área mais protegida do que o mínimo exigido pela norma. Embora as alterações não sejam de grande magnitude, ressalta-se a importância de manter um SPDA sempre atualizado, assegurando confiabilidade e continuidade de sua função ao longo do tempo.

Palavras-chave: SPDA. ABNT NBR 5419. Análise de risco. Projeto.

ABSTRACT

The lightning protection system (LPS) is of utmost importance for the safety of individuals, equipment, and buildings. This relevance is particularly significant in Brazil, a country with a high incidence of lightning strikes. In this context, the main objective of the present study was to analyze a project developed in 2007, identify non-conformities, and propose a new project in accordance with the current standard ABNT NBR 5419:2015, emphasizing the application of risk analysis—a tool not included in the 2005 revision of the standard. The original project was thoroughly analyzed, and a risk assessment was conducted for the warehouse to determine the actual need for protection. Based on the standard and using AutoCAD software, a new project was developed. Some non-conformities were identified, such as errors in the cable cross-section and the absence of protection in certain areas. On the other hand, the air terminals showed oversizing, resulting in an area more protected than the minimum required by the standard. Although the changes are not of great magnitude, it is emphasized that maintaining an up-to-date LPS is essential to ensure reliability and the continuous performance of its function over time.

Keywords: LPS. ABNT NBR 5419. Risk analysis. Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cargas elétricas nuvem-solo	14
Figura 2 – Ranking mundial de incidência de raios por ano	15
Figura 3 – Mapa de densidade de descargas atmosféricas	17
Figura 4 – Fluxograma para verificação da necessidade de SPDA.....	19
Figura 5 – Partes do SPDA.....	23
Figura 6 – Captação em malha	23
Figura 7 – Variáveis do ângulo de proteção	24
Figura 8 – Variáveis da esfera rolante	25
Figura 9 – Almoxarifado central	27
Figura 10 – Malha de captação antiga	32
Figura 11 – Descidas do projeto antigo	33
Figura 12 – Seção dos cabos de descida.....	34
Figura 13 – Malha de aterramento adjacente.....	35
Figura 14 – Malha de captação e terminais aéreos.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatos que influenciam os componentes de risco.....	20
Tabela 2 – Constantes da análise de risco	29
Tabela 3 – Seções mínimas indicadas para SPDA classe IV	36
Tabela 4 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA.....	37
Tabela 5 – Espessura mínima de chapas metálicas ou tubulações metálicas em sistemas de captação	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo geral	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Descargas atmosféricas	13
2.2. Formação da descarga atmosférica	14
2.3. Incidência de descargas atmosféricas	15
2.4. Mapa de densidade de descargas atmosféricas	16
2.5. Efeitos das descargas atmosféricas sobre estruturas	17
2.6. Classificação das fontes de danos e perdas	17
2.7. Avaliação de risco e necessidade de instalação de SPDA	18
2.8. Medidas e níveis de proteção adotadas	21
2.9. Zona de proteção contra descargas atmosféricas.....	21
2.10. Proteção de estruturas	22
2.11. Componentes do SPDA.....	22
3. ANÁLISE DE RISCO	26
3.1. Metodologia	26
3.2. Composição dos riscos	27
3.3. Procedimento	28
3.4. Parâmetros.....	29
3.5. Premissas.....	29
3.6. Resultados	30
3.7. Considerações finais.....	30
4. ANÁLISE DO PROJETO ANTIGO.....	32
4.1. Subsistema de captação antigo.....	32
4.2. Subsistema de descida antigo	33
4.3. Subsistema de aterramento antigo	34
4.4. Considerações sobre o projeto	35
5. ELABORAÇÃO DO PROJETO ATUAL	36
5.1. Novo subsistema de captação	36
5.2. Novo subsistema de descida	38

5.3. Novo subsistema de aterramento.....	39
5.4. Lista de materiais e custo	39
6. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÊNDICE A – Memorial de cálculo análise de risco	45
APÊNDICE B – Novo projeto	75
APÊNDICE C – Lista de materiais.....	78
ANEXO A – Projeto antigo.....	81

1. INTRODUÇÃO

Embora sejam fenômenos naturais visualmente impressionantes, as descargas atmosféricas representam riscos significativos à segurança humana e aos bens físicos, visto que podem matar pessoas, danificar edificações, queimar aparelhos, entre outros. Esse cenário é confirmado por dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020), que indicam que o Brasil ocupa o 7º lugar mundial em número de mortes causadas por raios.

Além de representarem um risco direto à vida humana, as descargas atmosféricas também geram impactos financeiros, causando danos a equipamentos e estruturas prediais, como ocorreu em dezembro de 2024, na Usina Coruripe, em Campo Florido, Minas Gerais, que pegou fogo após um raio atingir um tanque de etanol (G1, 2024).

Apesar de muito estudado, esse fenômeno é bastante complexo e imprevisível. Por isso, destaca-se a importância de projetos de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), visto que, segundo Mamede Filho (2017), grandes danos podem ser evitados caso as edificações estejam devidamente protegidas por um SPDA. Eles são projetados para captar e dissipar os raios de volta à terra em segurança, sem colocar em risco a vida das pessoas próximas ao local ou a integridade das estruturas atingidas.

É importante reconhecer que, embora sejam projetados para minimizar os riscos relacionados às descargas atmosféricas, os sistemas de proteção não são capazes de garantir total segurança (VISACRO FILHO, 2002).

Por outro lado, os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas são fundamentados na ABNT NBR 5419. Essa é uma norma brasileira regulamentar, que estabelece diretrizes para a proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, visando minimizar riscos à vida humana, danos físicos às edificações e falhas em sistemas elétricos e eletrônicos (ABNT, 2015).

Diante de cenários como este, o presente trabalho tem por objetivo analisar e revisar um projeto antigo de SPDA. Para isso, será realizada uma análise de risco detalhada, seguida da elaboração de um novo projeto de SPDA, aplicando as modificações necessárias para adequação à norma vigente.

Para melhor compreensão e fluidez deste trabalho, ele será distribuído em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, contextualizando o tema e os objetivos do estudo. O segundo capítulo aborda a revisão bibliográfica de normas técnicas, conceitos de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e análise de risco. O terceiro capítulo

apresenta a análise de risco da edificação em estudo. O quarto capítulo descreve o projeto original de SPDA e os critérios utilizados na sua concepção. No quinto capítulo, um novo projeto é elaborado, incorporando as modificações necessárias para adequação às normas vigentes. Por fim, o sexto e último capítulo conclui o trabalho, comparando os dois projetos e destacando as melhorias e as conclusões alcançadas.

1.1. Objetivo geral

Analisar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas de uma edificação, realizando a análise de risco e comparando seu projeto antigo com um novo projeto elaborado conforme a ABNT NBR 5419:2015.

1.2. Objetivos específicos

- Analisar o projeto antigo de SPDA das edificações, verificando sua conformidade com a norma ABNT NBR 5419.
- Realizar uma análise de risco completa do local para determinar o nível de proteção requerido.
- Elaborar um novo projeto de SPDA com base nos resultados obtidos na análise de risco.
- Verificar as alterações contidas entre um projeto e outro, destacando as melhorias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica necessária para embasar a análise e o desenvolvimento do projeto de SPDA. Inicialmente, são discutidos os conceitos fundamentais sobre descargas atmosféricas, sua formação, incidência e distribuição espacial. Em seguida, abordam-se os efeitos dessas descargas sobre as estruturas, bem como a classificação das fontes de danos e perdas, a avaliação de risco e as medidas de proteção previstas nas normas técnicas. Por fim, são apresentados os níveis e zonas de proteção, além dos componentes que compõem o SPDA, consolidando o referencial teórico que sustenta as etapas posteriores deste trabalho.

2.1. Descargas atmosféricas

As descargas atmosféricas, ou raios, ocorrem quando há um desequilíbrio elétrico entre nuvens ou entre nuvem e solo que é da ordem de 10 a 100 milhões de volts, e as correntes de pico nos movimentos de retorno para líderes negativos são tipicamente de cerca de 30.000 ampere (BRITANNICA, 2024). Esse desequilíbrio se resolve por meio de uma descarga de alta tensão, acompanhada por luz (relâmpago) e som (trovão). Elas se formam principalmente em nuvens do tipo cumulonimbus, onde a separação de cargas elétricas cria um forte campo elétrico até que o ar se ioniza e ocorre a descarga (IEE USP, 2024).

Historicamente, os raios eram vistos como manifestações divinas. Os gregos antigos, por exemplo, acreditavam que eram armas lançadas por Zeus, o deus do Olimpo. A compreensão científica só veio no século XVIII, com o experimento de Benjamin Franklin, que provou que os raios são uma forma de eletricidade. Em 1752, ele empinou uma pipa com uma chave metálica durante uma tempestade e conseguiu armazenar carga elétrica num frasco de Leyden, demonstrando a natureza elétrica dos relâmpagos (JOSEPH PRIESTLEY, 1767).

A partir disso, Franklin criou o para-raios, um dispositivo que conduz a descarga com segurança até o solo, sendo um sistema de proteção contra danos provocados por descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419, 2015).

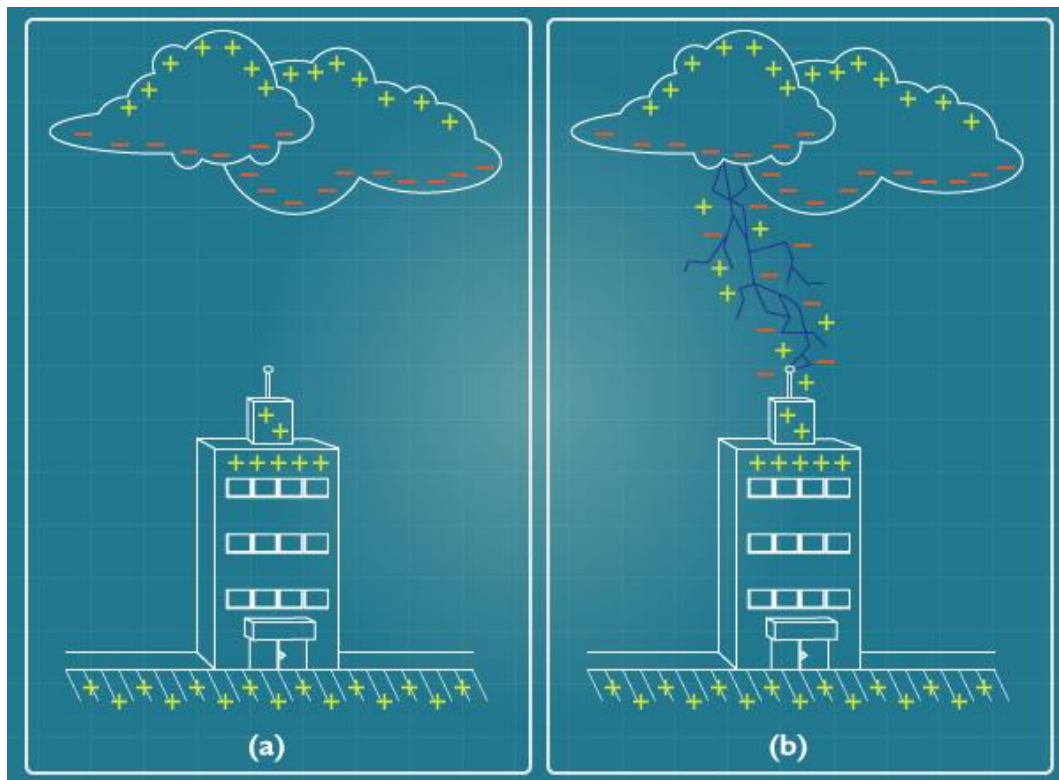
Além de impressionar visualmente, as descargas atmosféricas são um campo importante de estudo para a engenharia elétrica, tanto pela complexidade do fenômeno quanto pelas medidas de segurança e proteção envolvidas.

2. O fogo elétrico ama a água, é fortemente atraído por ela e eles podem coexistir, 3. O ar é um elétrico por si só e quando seco não conduz o fogo elétrico [...], 4. A água quando eletrizada, os vapores que dela saem também são eletrizados e flutuam no ar na forma de nuvens que mantêm o fogo elétrico até encontrarem outras nuvens ou corpos não tão eletrizados, e então comunicam [o fogo elétrico] a eles [...] e 33. Quando as partículas eletrizadas da primeira nuvem próxima perdem seu fogo [elétrico], as partículas de uma outra nuvem próxima o recebem [...] A colisão ou o solavanco dado no ar também contribui para derrubar a água, não apenas destas duas nuvens, mas também de outras próximas. Portanto, a queda súbita da chuva imediatamente acende o relâmpago (MOURA, B. A. Traduções. In: A filosofia natural de Benjamin Franklin, 2019, p. 68-74).

2.2. Formação da descarga atmosférica

As descargas atmosféricas, comumente chamadas de raios, são fenômenos naturais resultantes da separação de cargas elétricas no interior das nuvens, provocada pela fricção entre partículas de água e gelo (DA ROCHA, 2023). Esse processo leva à acumulação de cargas positivas na parte superior e cargas negativas na parte inferior das nuvens, criando uma estrutura bipolar. Ao mesmo tempo, o solo terrestre tende a concentrar cargas positivas, gerando uma diferença de potencial elétrico (DDP) entre a base da nuvem e o solo (FIGURA 1a).

Figura 1 – Cargas elétricas nuvem-solo



Fonte: Metr pole, 2014.

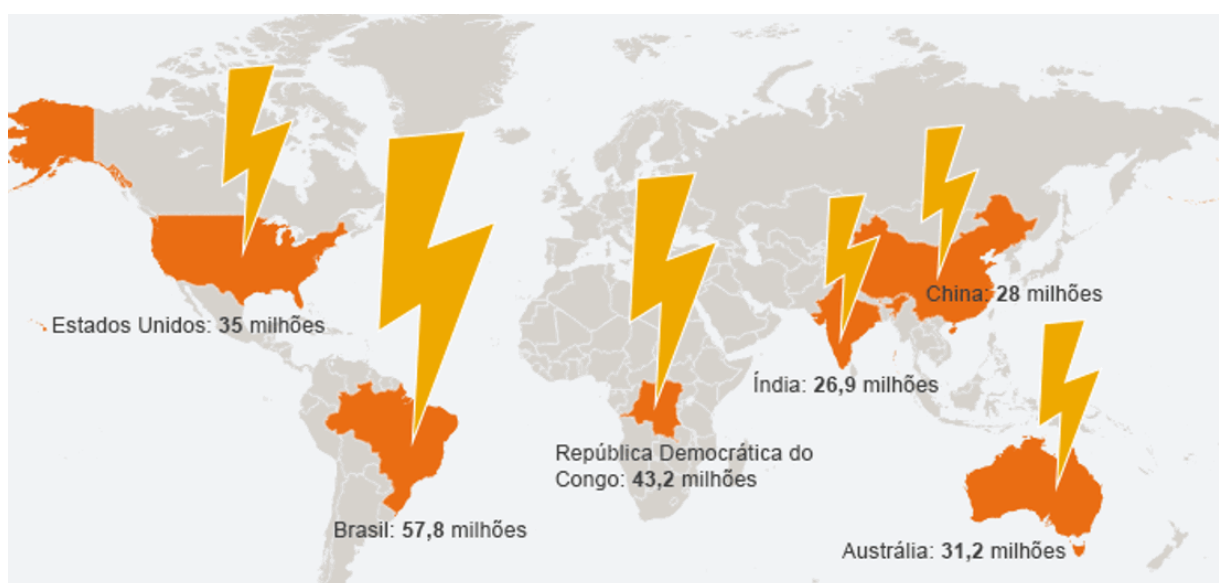
Com o aumento da DDP, estabelece-se um gradiente de tensão que, ao ultrapassar a rigidez dielétrica do ar, cerca de 3 kV por milímetro, provoca a ionização do ar, tornando-o um meio condutor (FIGURA 1b). Esse processo dá início à formação da descarga piloto, um fluxo de cargas negativas que se propaga da nuvem em direção ao solo de maneira ramificada e irregular.

Posteriormente, ocorrem as descargas ascendentes, compostas por cargas positivas que partem da Terra rumo à nuvem. O encontro entre essas duas descargas dá origem à descarga principal, que ocorre de forma intensa e rápida em direção ao solo. Esse fenômeno é acompanhado pelo trovão, um som produzido pela expansão súbita do ar aquecido devido à passagem da corrente elétrica (MAMEDE, 2010).

2.3. Incidência de descargas atmosféricas

O Brasil é reconhecido como o país com a maior incidência de descargas atmosféricas no mundo (FIGURA 2), registrando anualmente entre 50 e 100 milhões de raios, conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020).

Figura 2 – Ranking mundial de incidência de raios por ano



Fonte: Elat/Inpe, 2015.

Essa elevada frequência de raios resulta em aproximadamente 110 mortes e mais de 200 feridos por ano no país (AGÊNCIA BRASIL, 2024). Na última década, de 2013 a 2023, o país contabilizou 835 mortes e 266 hospitalizações decorrentes de descargas elétricas. (FOLHA DE SÃO PAULO, 2023).

Além das perdas humanas, as descargas atmosféricas causam prejuízos econômicos significativos, estimados em torno de US\$ 1 bilhão anualmente (ELAT INPE, 2007).

Esses dados reforçam a relevância da adoção de medidas preventivas frente à elevada incidência de descargas atmosféricas no Brasil. A aplicação da norma ABNT NBR 5419:2015, que estabelece os critérios para o projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), é essencial para garantir a segurança de pessoas, estruturas e equipamentos.

Segundo a própria norma (ABNT, 2015), o objetivo principal do SPDA é “reduzir danos físicos a estruturas e perigos à vida humana causados por descargas atmosféricas”. Dessa forma, sua correta aplicação se torna uma ferramenta indispensável na mitigação dos efeitos nocivos desses eventos, especialmente em um país com as características climáticas e geográficas do Brasil.

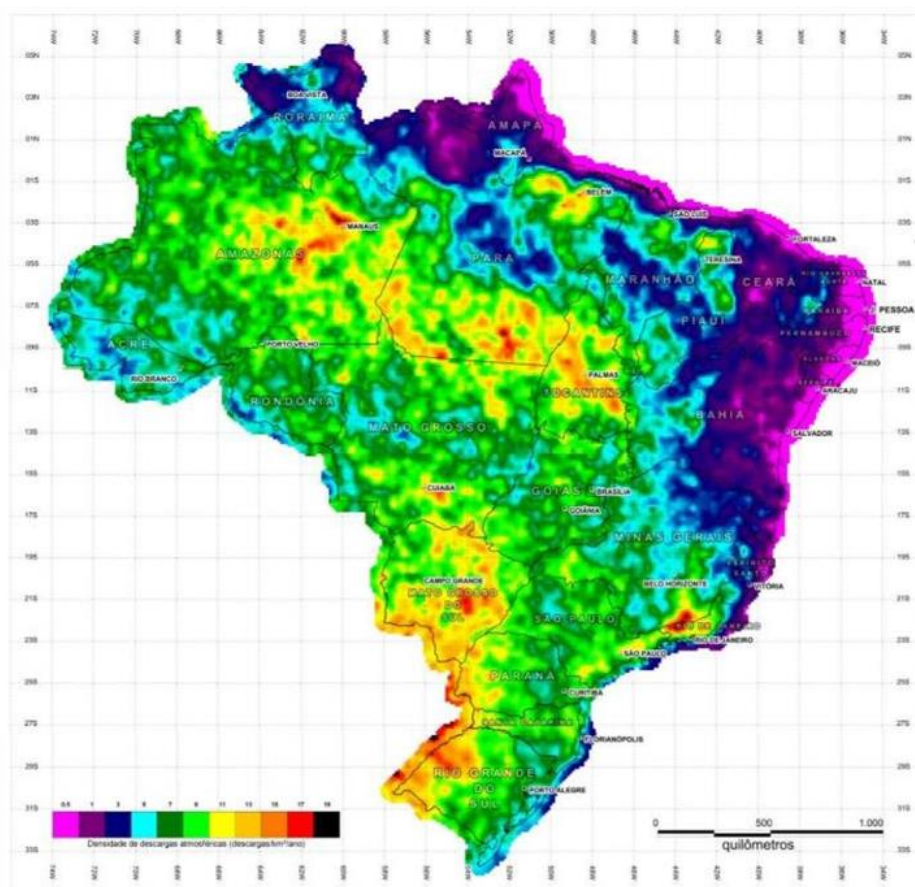
2.4. Mapa de densidade de descargas atmosféricas

O Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (ELAT/INPE) desenvolveu um mapa de densidade de descargas atmosféricas que abrange todo o território nacional. Esse mapeamento, disponível no site oficial do ELAT¹, baseia-se na captação de pulsos luminosos realizada pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), da NASA, no período de 1998 a 2011.

A representação gráfica do mapa utiliza uma escala cromática com dez faixas de densidade, variando de 0,5 a 19 descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano, sendo os menores valores indicados por lilás claro e os maiores por preto. A análise dos dados revela que as menores taxas de incidência se concentram na faixa litorânea do Nordeste brasileiro. Por outro lado, as maiores densidades estão distribuídas em diferentes regiões, destacando-se os estados do Amazonas, áreas entre o Rio de Janeiro e Minas Gerais, sul do Pará e sudeste de Mato Grosso do Sul, conforme ilustrado na Figura 3.

¹ INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT/INPE). Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>. Acesso em: 20 set. 2025.

Figura 3 – Mapa de densidade de descargas atmosféricas



Fonte: ABNT NBR 5419-2, 2015.

2.5. Efeitos das descargas atmosféricas sobre estruturas

As descargas atmosféricas podem provocar sérios danos em edificações não protegidas, como a queima de equipamentos, falhas em sistemas eletrônicos e até incêndios. Em áreas rurais, o risco é ampliado devido à tensão de passo, afetando criações e sistemas automatizados. Hospitais enfrentam riscos ainda mais críticos, pois a interrupção elétrica compromete tratamentos e resgates. Já redes de transmissão e distribuição estão sujeitas a falhas que afetam serviços essenciais (ABNT NBR 5419-1, 2015).

2.6. Classificação das fontes de danos e perdas

A norma ABNT NBR 5419 (2015) classifica os tipos de incidência de descargas atmosféricas com base na posição do ponto de impacto em relação à estrutura, como segue:

- S1 – Descarga atmosférica diretamente sobre a estrutura;
- S2 – Descarga atmosférica nas proximidades da estrutura;
- S3 – Descarga atmosférica sobre linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura;
- S4 – Descarga atmosférica nas proximidades dessas linhas ou tubulações.

As perdas decorrentes desses eventos são agrupadas em quatro categorias:

- L1 – Perda de vidas humanas ou danos permanentes à saúde;
- L2 – Interrupção de serviços essenciais ao público;
- L3 – Danos ao patrimônio cultural;
- L4 – Prejuízos econômicos devido à paralisação de atividades.

As perdas dos tipos L1, L2 e L3 são consideradas de valor social, enquanto L4 é classificada como de natureza econômica.

2.7. Avaliação de risco e necessidade de instalação de SPDA

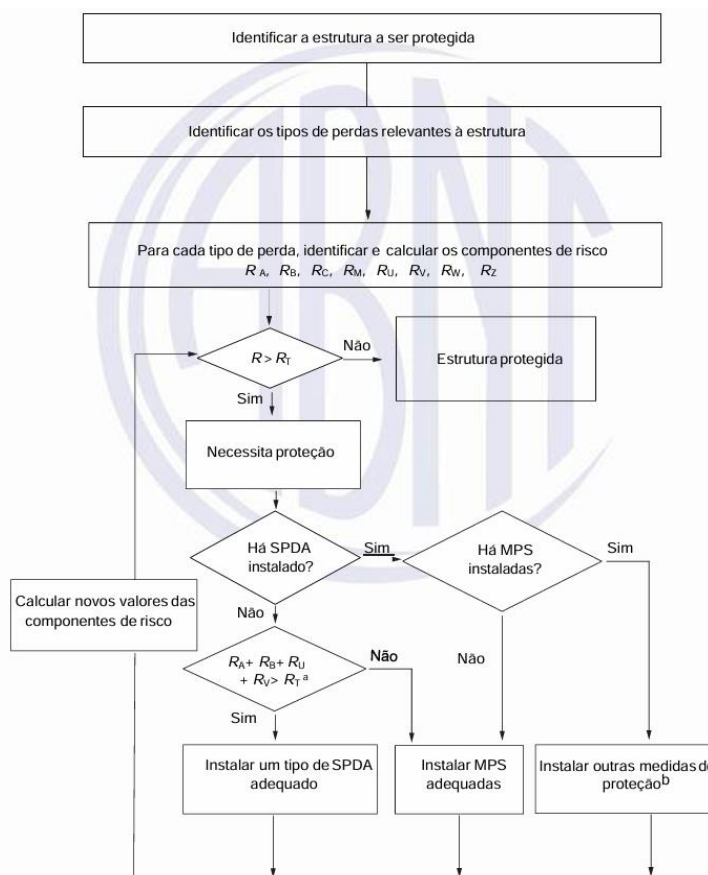
Para determinar a necessidade da instalação de um SPDA, é obrigatória a realização de uma análise de risco conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 5419-2. Esta análise considera os seguintes tipos de riscos:

- R1 – Risco de perda de vidas humanas;
- R2 – Risco de interrupção de serviços ao público;
- R3 – Risco de perda de patrimônio cultural.
- R4 – Risco de perda econômica.

A proteção torna-se obrigatória sempre que o risco calculado (R) superar o risco tolerável (R_t), ou seja, $R > R_t$. Nesse caso, devem ser adotadas medidas de proteção que garantam que $R \leq R_t$, reduzindo, assim, o risco a níveis aceitáveis. O procedimento para avaliar a necessidade de proteção está descrito na Figura 4.

No caso em que o risco não possa ser reduzido a um nível tolerável, o proprietário deve ser informado e o mais alto nível de proteção deve ser providenciado para a instalação.

Figura 4 – Fluxograma para verificação da necessidade de SPDA



Fonte: ABNT NBR 5419-2, 2015.

^a Se $R_A + R_B < R_T$, um SPDA completo não é necessário; neste caso DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 são suficientes.

^b Ver Tabela 1.

Sendo:

RA = Relacionado ao dano aos seres vivos, causado por choque elétrico devido à tensão de toque ou tensão de passo dentro da estrutura ou fora dela, nas zonas até 3 m no entorno dos condutores de descida;

RB = Relacionado ao dano físico causado por descargas na estrutura, provocando fogo ou explosão;

RC = Relacionado à falha dos sistemas internos causada por efeitos eletromagnéticos decorrentes da corrente elétrica da descarga atmosférica na estrutura, que provocam surtos e campos eletromagnéticos;

RM = Relacionado à falha dos sistemas internos causada por efeitos eletromagnéticos decorrentes da corrente elétrica da descarga atmosférica perto da estrutura, que provocam surtos e campos eletromagnéticos;

RU = Relacionado ao dano aos seres vivos causado por choque elétrico devido à tensão de toque ou tensão de passo dentro da estrutura;

RV = Relacionado ao dano físico (fogo ou explosão causada por centelhamentos perigosos) entre instalação externa e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura, devido à corrente do raio transmitida ao longo das linhas de força ou telecomunicação;

RW = Relacionado à falha dos sistemas internos causada por sobretensões induzidas nas linhas de força ou telecomunicação e transmitidas para a estrutura.

Algumas características da estrutura e de possíveis medidas de proteção que influenciam os componentes de risco para uma estrutura são dados na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatos que influenciam os componentes de risco

Características da estrutura ou dos sistemas internos (medidas de proteção)	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Área de exposição equivalente	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividade da superfície do solo	X							
Resistividade do piso	X				X			
Restrições físicas, isolamento, avisos visíveis, equipotencialização do solo	X				X			
SPDA	X	X	X	X ^a	X ^b	X ^b		
Ligação ao DPS	X	X			X	X		
Interfaces isolantes			X ^c	X ^c	X	X	X	X
Sistema coordenado de DPS			X	X			X	X
Blindagem espacial			X	X				
Blindagem de linhas externas					X	X	X	X
Blindagem de linhas internas			X	X				
Precauções de roteamento			X	X				
Sistema de equipotencialização			X					
Precauções contra incêndios		X				X		
Sensores de fogo		X				X		
Perigos especiais		X				X		

Característicasda estrutura ou dos sistemas internos (medidas de proteção)	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Tensão suportável de impulso			X	X	X	X	X	X
^a Somente para SPDA tipo malha externa. ^b Devido a ligações equipotenciais. ^c Somente se eles pertencem ao equipamento.								

Fonte: ABNT NBR 5419-2, 2015.

2.8. Medidas e níveis de proteção adotadas

Para proteção das pessoas contra choques elétricos, recomenda-se o isolamento adequado de partes condutoras, equipotencialização nas malhas de aterramento e sinalização de riscos. Para reduzir danos físicos às estruturas, deve-se implantar um SPDA composto por subsistema de captação, descida, aterramento e equipotencialização e isolação elétrica. E para minimizar falhas em redes elétricas e eletrônicas, são adotadas medidas como a blindagem magnética, distribuição adequada da fiação e utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

A ABNT NBR 5419 estabelece quatro níveis de proteção (NP), cada um caracterizado por limites máximos e mínimos de corrente de descarga. Os valores máximos são utilizados no dimensionamento dos componentes do SPDA, enquanto os valores mínimos servem de base para o cálculo do raio da esfera rolante, que determina a zona de proteção da estrutura.

2.9. Zona de proteção contra descargas atmosféricas

A zona de proteção contra descargas atmosféricas (ZPR) é uma classificação utilizada para definir as regiões dentro de uma estrutura em que as medidas de proteção contra os efeitos de descargas atmosféricas, como o SPDA, condutores blindados e dispositivos de proteção contra surtos (DPS), são aplicadas. De acordo com a ABNT NBR 5419-4 (2015), as zonas são definidas da seguinte forma:

- ZPR 0A: Região exposta à incidência direta de descargas atmosféricas e ao campo eletromagnético associado;
- ZPR 0B: Região protegida contra impactos diretos de raios, mas ainda sujeita a campos eletromagnéticos intensos;
- ZPR 1: Zona onde a corrente de surto já foi parcialmente atenuada por meio da instalação de DPS ou por interfaces isolantes;
- ZPR 2: Região onde a corrente de surto encontra-se ainda mais reduzida, devido à presença de dispositivos adicionais de proteção ou isolamentos sucessivos.

A seleção da ZPR adequada deve considerar a compatibilidade entre o ambiente eletromagnético da zona e a sensibilidade dos equipamentos presentes, garantindo que os danos potenciais sejam mitigados de forma eficiente (ABNT NBR 5419-4, 2015).

2.10. Proteção de estruturas

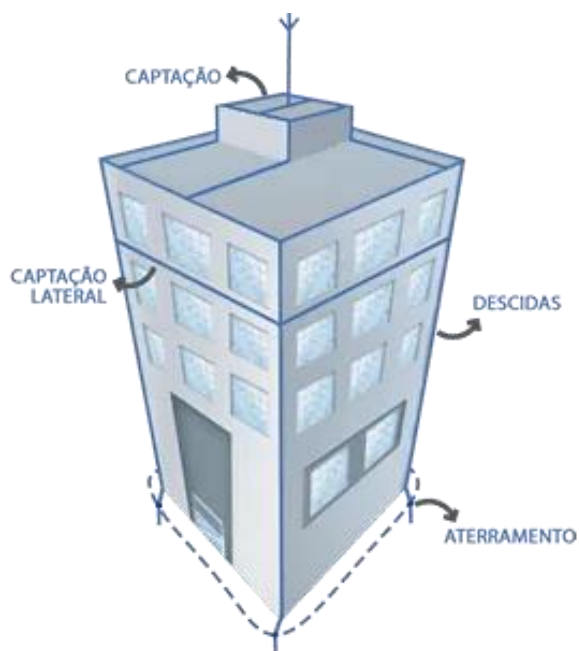
Para assegurar a proteção eficaz de uma estrutura, recomenda-se que esta esteja, no mínimo, classificada como pertencente à zona ZPR 0B, o que requer a instalação de um SPDA. Este sistema é dividido em dois subsistemas: externo e interno.

O subsistema externo tem como função principal captar a descarga atmosférica (captação), conduzi-la de forma segura até o solo (descida) e dispersar sua energia (aterramento) (ABNT NBR 5419-3, 2015). O subsistema interno, por sua vez, atua na prevenção de centelhamentos perigosos dentro da estrutura, promovendo equipotencialização e proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos (ABNT NBR 5419-4, 2015).

2.11. Componentes do SPDA

Cada parte do SPDA possui elementos específicos para o desempenho adequado de suas funções, conforme ilustra a Figura 5.

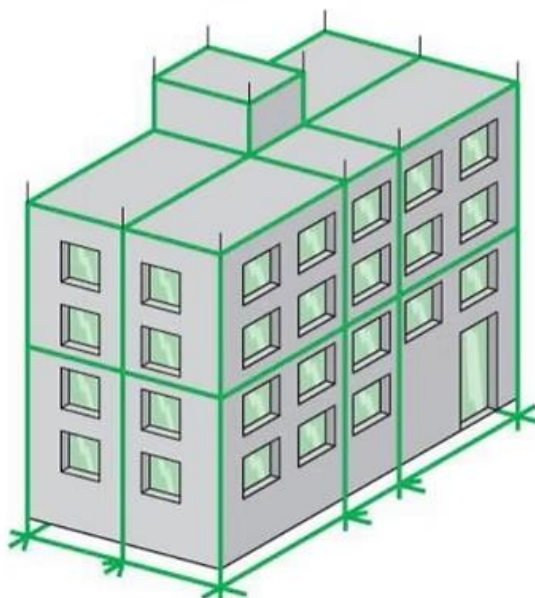
Figura 5 – Partes do SPDA



Fonte: Termotécnica, 2020.

A captação é a parte responsável por interceptar diretamente a descarga atmosférica. Pode ser composta por mastros com captadores tipo Franklin, terminais aéreos, cabos de cobre nu ou chapas de alumínio e pode ser projetada segundo três métodos: gaiola de Faraday (FIGURA 6), ângulo de proteção e esfera rolante (ABNT NBR 5419-3, 2015).

Figura 6 – Captação em malha

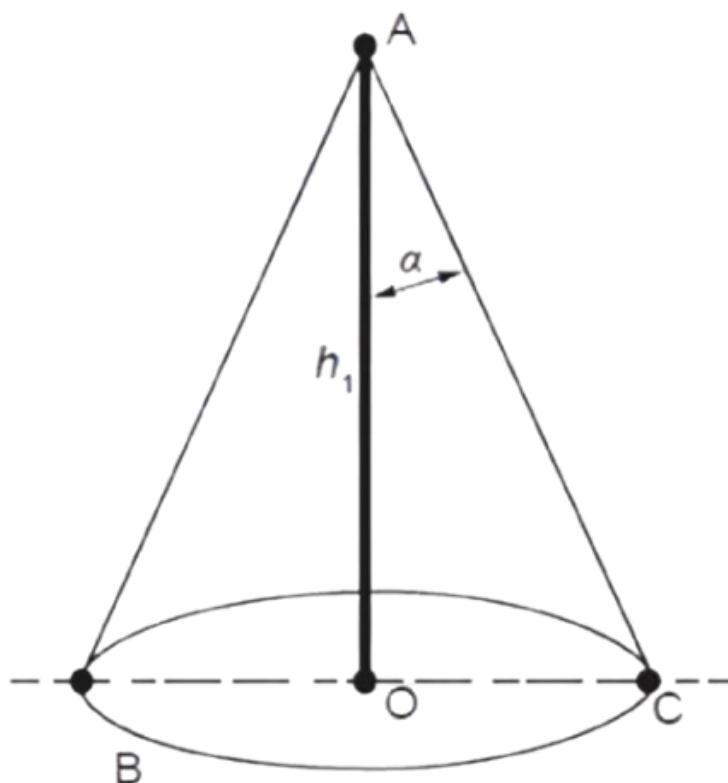


Fonte: Sipces, 2016.

O método das malhas (ou gaiola de Faraday) é aconselhável para estrutura com uma grande área horizontal, além de ser apropriado para proteger superfícies planas laterais contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419, 2015). Ele consiste em criar uma “gaiola” (malha captora) de condutores ao redor da estrutura para blindar seu interior, desviando as descargas elétricas para o solo, protegendo a edificação.

O método do ângulo de proteção (FIGURA 7) é adequado para edificações com formato simples de altura não muito elevadas e de pouca área horizontal, onde é possível a utilização de uma pequena quantidade de captores, tornando o projeto mais interessante economicamente (MAMEDE FILHO, 2001), aplicável principalmente a captosres Franklin.

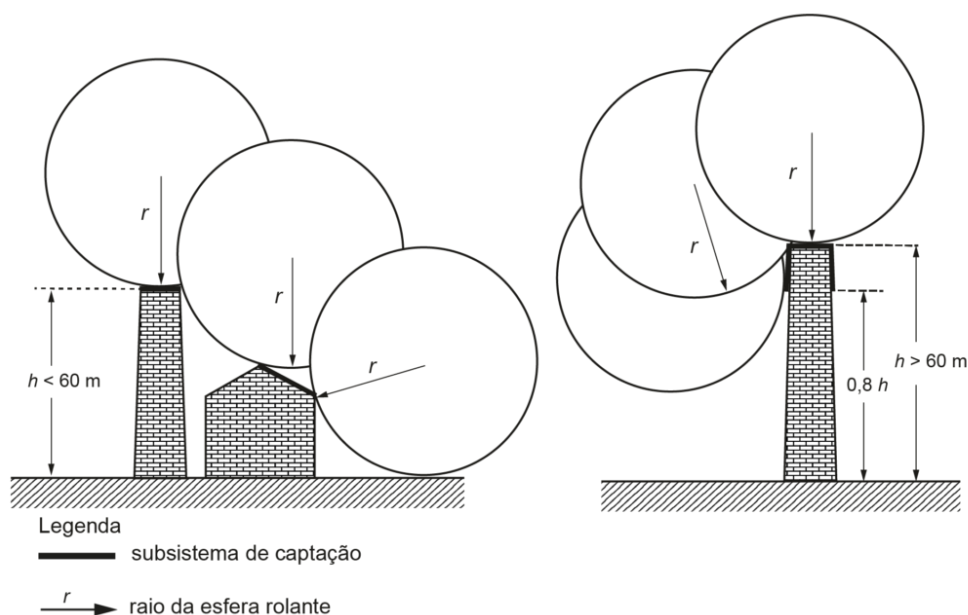
Figura 7 – Variáveis do ângulo de proteção



Fonte: ABNT NBR 5419-3.

Baseado no modelo eletrogeométrico de atração do raio, o método da esfera rolante é mais utilizado em construções com altura mais elevada e/ou formas arquitetônicas complexas. Neste método utiliza-se uma esfera fictícia a qual rola pela estrutura em todas as possíveis direções (FIGURA 8). Se nenhum ponto da estrutura, com exceção do subsistema de captação, tocar na esfera fictícia, a área está protegida (ABNT NBR 5419-3, 2015).

Figura 8 – Variáveis da esfera rolante



Fonte: ABNT NBR 5419-3.

As descidas são a parte do SPDA que conduzem a corrente da descarga desde o ponto de captação até o sistema de aterramento. São normalmente constituídas por cabos de cobre nu ou chapas de alumínio fixados à estrutura por suportes específicos.

Por fim, o aterramento tem como finalidade a dispersão segura da corrente elétrica no solo. Os elementos típicos desse subsistema incluem hastes de aterramento, cabos de cobre nu e caixas de inspeção para manutenção periódica (ABNT NBR 5419-3).

A correta concepção e instalação dos componentes do SPDA é fundamental para garantir a integridade estrutural, a proteção de vidas humanas e a continuidade operacional dos sistemas eletrônicos da edificação (SOUZA & ANDRADE, 2018).

3. ANÁLISE DE RISCO

Este capítulo apresenta uma análise de risco elaborada para avaliar a real necessidade de instalação de um SPDA na estrutura estudada. Inicialmente, descreve-se a metodologia utilizada, seguida da identificação e quantificação da composição dos riscos previstos na norma. Na sequência, detalham-se o procedimento aplicado, os parâmetros considerados e as premissas adotadas para o cálculo. Por fim, são expostos os resultados obtidos e as considerações finais, que trazem a interpretação dos valores encontrados e pautam as decisões de proteção adotadas no projeto.

3.1. Metodologia

A metodologia de avaliação de riscos descrita na ABNT NBR 5419-2:2015 considera de forma abrangente os efeitos diretos e indiretos decorrentes das descargas atmosféricas, bem como diversos fatores ambientais que influenciam o comportamento da estrutura. Entre esses fatores, destacam-se as características construtivas da edificação, a presença de linhas de energia e de sinal conectadas na estrutura, além de aspectos relacionados à ocupação e ao entorno.

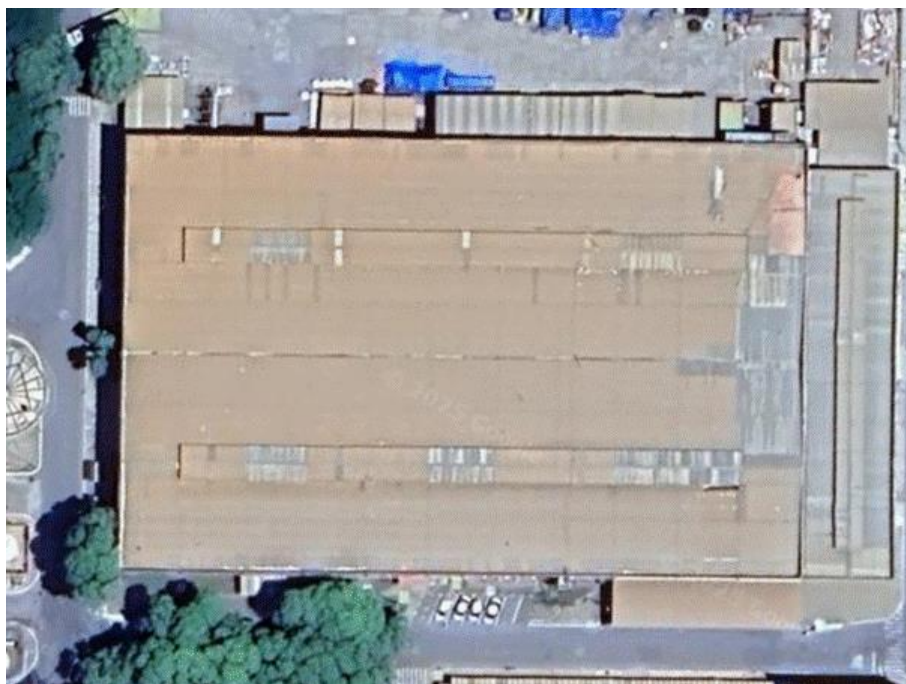
De modo geral, os riscos R calculados são comparados com os limites superiores toleráveis definidos pela norma. Este procedimento permite a escolha de medidas de proteção apropriadas para reduzir o risco a um valor inferior ao limite considerado aceitável. Neste trabalho, considerou-se, para fins de cálculo, apenas os riscos $R1$ e $R4$, tendo em vista que o objeto de estudo não envolve edificações que abrigam patrimônios culturais nem prestam serviços essenciais ao público.

Em princípio, para perda de valor econômico ($L4$), a rotina a ser seguida é a comparação custo/benefício dada no Anexo D da ABNT NBR 5419-2:2015. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável (RT) igual a 10^3 pode ser utilizado. No caso de utilizar um valor representativo para o risco tolerável $R4$, de acordo com a Tabela 4 da ABNT NBR 5419-2:2015, as relações não podem ser levadas em consideração. Nestes casos, as relações devem ser substituídas pelo valor 1.

3.2. Composição dos riscos

Para a edificação proposta neste trabalho, um galpão almoxarifado (FIGURA 9) de uma empresa localizada na cidade de Belo Oriente - MG, serão considerados apenas os riscos R1 e R4 (Sendo R1 a componente de risco relacionado a perda de vidas humanas e R4 relacionado à perda de valor econômico), pois, ao analisar as classificações de riscos da ABNT NBR 5419-2:2015, estes são os riscos aplicáveis a edificações com essas características funcionais e operacionais. Dessa forma, a análise é direcionada aos riscos mais relevantes e condizentes com a realidade operacional do local de estudo.

Figura 9 – Almoxarifado central



Fonte: Google Maps, 2025.

Os riscos são representados pela Equação 1, sendo os itens RC, RM, RW e RZ calculados somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos salva-vidas ou outras estruturas no qual uma falha nos sistemas internos pode colocar a vida humana em risco.

$$R1 = R4 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ \quad (1)$$

Cada componente de risco pode ser descrito conforme a seguinte equação geral, conforme ABNT NBR 5419-2:2015:

$$Rx = Nx \times Px \times Lx \quad (2)$$

Sendo:

Nx: o número de eventos perigosos por ano.

Px: a probabilidade de dano na estrutura.

Lx: as perdas decorrentes dos efeitos das descargas atmosféricas.

3.3. Procedimento

O procedimento aplicado para os riscos é apresentado a seguir:

- Identificação das características da estrutura que será avaliada;
- Cálculo dos riscos R1 e R4 em função das características da estrutura, desconsiderando qualquer proteção contra descargas atmosféricas (PDA) que já esteja instalada, sendo esse o “pior caso”;
- Comparação entre o risco R1 e seu risco tolerável (RT1) e entre R4 e seu risco tolerável (RT4);
- Se $R1 < RT1$ e $R4 < RT4$ a estrutura é considerada PROTEGIDA e nenhuma ação é necessária;
- Se $R1 > RT1$ e/ou $R4 > RT4$ a estrutura é considerada NÃO PROTEGIDA e medidas de proteção são necessárias, logo, é calculada a proteção necessária para reduzir R1 e/ou R4 para um valor inferior a seus RTs.

É possível, de posse dos resultados numéricos deste método, identificar pontualmente o tipo de medida de proteção que deve ser aplicada para tornar a estrutura protegida. A metodologia de cálculo considera o procedimento para tomada de decisão da necessidade de proteção apresentado na Figura 1 encontrada na página 22 da ABNT NBR 5419-2:2015. Em função dos valores dos riscos individuais é possível determinar com maior precisão as medidas de proteção necessárias.

Vale observar, caso alguma informação não esteja disponível, que o cálculo da avaliação de riscos irá considerar os parâmetros que representam as condições mais críticas à edificação, buscando sempre priorizar a segurança das pessoas.

3.4. Parâmetros

Tabela 2 – Constantes da análise de risco

CONSTANTES	DESCRIÇÃO
$RT1 = 1 \times 10^{-5}$	Risco de perda de vidas humanas toleráveis (valor típico conforme ABNT NBR-5419-2:2015).
$RT4 = 1 \times 10^{-3}$	Risco de perdas econômicas toleráveis (valor típico conforme ABNT NBR-5419-2:2015).
$NG = 5,3$	Número de raios para a terra por km^2/ano (conforme o mapa de curvas isocerânicas da ABNT NBR-5419-4:2015, ANEXO F) na região.
$UW = 2,5 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 127/220V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 4,0 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 220/380V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 6,0 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 400/690V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 1,5 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas de telecomunicações suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1).
$Ks1 = 1$	Blindagem espacial externa (desconsiderada).
Nota: Para demais constantes ver ABNT NBR 5419: 2015 partes 1, 2 ,3 e 4.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5. Premissas

- Para a análise de risco considerou-se apenas o risco R1 e R4: risco de perda de vidas humanas e risco de perda econômica.

- Em relação às entradas das linhas de energia, a análise de risco da ABNT NBR 5419-2:2015 indicará se é, ou não, necessária a instalação de DPS. Caso seja necessária, a instalação deverá ser realizada conforme projeto tendo em vista as condições das instalações elétricas existentes (número de quadros, níveis de tensão, proteções existentes, etc.).
- Para a elaboração deste memorial foram consideradas as informações fornecidas no levantamento de campo.
- As linhas de sinal em fibra óptica foram desconsideradas da análise de risco por não se tratar de condutores metálicos.
- Não foi liberada a realização de registro fotográfico neste local, portanto este relatório não possui fotos das não conformidades encontradas.
- Não foram liberados os valores dos itens presente nas zonas, portanto foi considerado o $RT4 = 10^{-3}$, assim as relações da Tabela 4 da ABNT NBR 5419-2:2015 foram substituídas pelo valor 1.

3.6. Resultados

O risco R1 e R4 foram calculados conforme o procedimento da ABNT NBR 5419-2:2015 considerando a estrutura sem PDA instalada. O resultado então conclui que é necessária a proteção contra descargas atmosféricas, visto que R1 é maior do que o valor de RT, conforme memória de cálculo encontrada no Apêndice A deste trabalho.

Ainda conforme o memorial, percebe-se que as principais contribuições ao risco R1 são os componentes: RA, RB, RU e RV. Para reduzir R1 a um valor tolerável são propostas as seguintes medidas de proteção: nível de SPDA a ser instalado igual a IV e DPS a ser instalado III-IV.

Refazendo os cálculos de R1 e R4, considerando as medidas de proteção propostas, obteve-se o resultado positivo esperado de que a estrutura estará protegida.

3.7. Considerações finais

De acordo com os resultados das análises de risco (APÊNDICE A), a PDA da edificação deverá estar conforme o nível III-IV para medidas de proteção contra surtos (MPS)

e nível IV para o SPDA. Portanto, para o prédio almoxarifado central e anexos é necessária a instalação de PDA.

4. ANÁLISE DO PROJETO ANTIGO

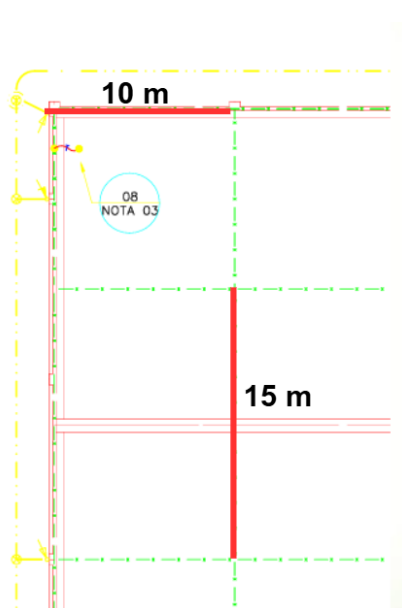
Tendo sido apresentadas anteriormente todas as subdivisões que compõem um sistema de proteção completo e seguro, será agora analisado o projeto elaborado em 2007 (ANEXO A) para o galpão almoxarifado da empresa. Esse projeto foi desenvolvido conforme a ABNT NBR 5419:2005, o que torna o documento desatualizado e exige a revisão do sistema anteriormente projetado.

A edificação estudada possui formato retangular, tendo alguns telhados adjacentes ao corpo principal e altura aproximada de doze metros. Atualmente, o prédio se encontra com algumas modificações comparado ao projeto de 2007, as quais serão contempladas no novo projeto proposto para a estrutura.

4.1. Subsistema de captação antigo

Para a captação foi utilizada uma malha principal de aproximadamente 15 x 10 m (FIGURA 10), o que traz uma proteção maior do que o exigido pela análise de risco da estrutura, classificada como nível IV, cuja distância máxima permitida entre os condutos da malha deve ser de 20 x 20 m. Os telhados centrais foram devidamente interligados a essa malha.

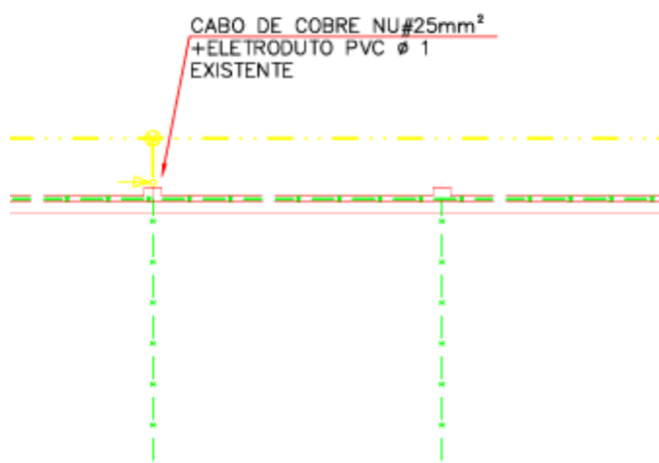
Figura 10 – Malha de captação antiga



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os cabos utilizados possuem seção de 25 mm^2 (FIGURA 12), descendo por um eletroduto PVC de 1" (uma polegada), o que leva a crer que essa também seja a seção adotada para a malha central de captação — configurando inadequação. Essa escolha de seção para as descidas também está em não conformidade, uma vez que a seção mínima dos condutores de descida estabelecida na tabela 6 da norma é de 35 mm^2 .

Figura 12 – Seção dos cabos de descida



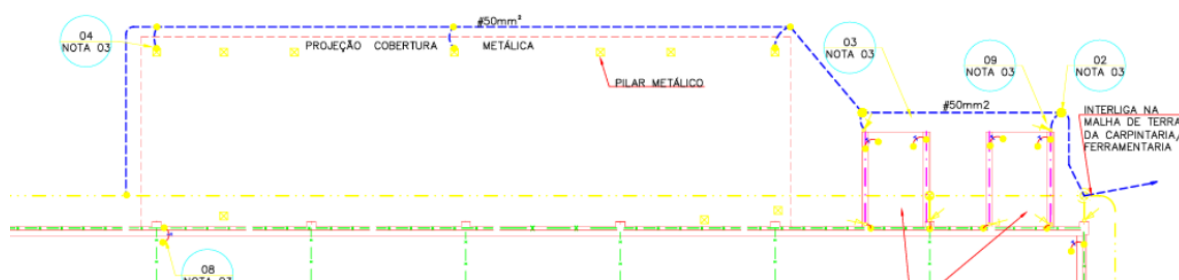
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3. Subsistema de aterramento antigo

Nesse subsistema foi instalada uma malha em anel com distância de 1 m ao redor do edifício, sendo compatível com o valor mínimo recomendado pela norma. Para o aterramento dos telhados laterais, optou-se por uma malha de aterramento à parte, com cabo de cobre nu 50 mm^2 enterrada no solo (FIGURA 13). Essa outra malha foi conectada às bases metálicas provenientes da sustentação dos telhados e interligada à malha principal.

Também foram instalados cinco poços de inspeção nas extremidades do prédio e algumas hastes distribuídas ao redor da estrutura, interligadas a malha principal em anel. Além disso, a malha foi interligada a três caixas de passagem existentes.

Figura 13 – Malha de aterramento adjacente



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.4. Considerações sobre o projeto

Avaliando o projeto elaborado no ano de 2007, pode-se verificar algumas não conformidades com a norma vigente (ABNT NBR 5419, 2015), como seção inferior da malha de captação central e do subsistema de descidas, ausência de descidas em uma das laterais do prédio. Além disso, nota-se que houve um superdimensionamento quanto às distâncias dos condutores da malha central.

Dessa forma, faz-se necessária a atualização do projeto de SPDA desta planta para assegurar a proteção da estrutura e a segurança das pessoas.

5. ELABORAÇÃO DO PROJETO ATUAL

No capítulo 3, foi realizada a análise de risco da edificação, procedimento inicial para determinar se há a real necessidade de implantação de um projeto de proteção contra descargas atmosféricas. Essa etapa foi instituída à norma na revisão de 2015, a qual permanece até hoje. Com base nisso, neste capítulo serão detalhados aspectos da elaboração do novo projeto (APÊNDICE B), a fim de adequar a edificação à norma vigente.

Toda a elaboração do projeto será pautada nos resultados encontrados na análise de risco anteriormente realizada (APÊNDICE A) e na ABNT NBR 5419:2015, pois ela estabelece as condições mínimas necessárias para um sistema de proteção aceitável. Portanto, para este trabalho, serão adotados os valores mínimos indicados na norma (TABELA 3), salvo os casos especiais.

Tabela 3 – Seções mínimas indicadas para SPDA classe IV

Captação	35 mm ²
Descida	35 mm ²
Aterramento	50 mm ²

Fonte: ABNT NBR 5419-3, 2015.

5.1. Novo subsistema de captação

Com a elaboração da análise de risco, pôde-se concluir que o valor da classe de SPDA necessário para a proteção do almoxarifado é IV (APÊNDICE A). Essa definição impactará em toda a execução do projeto, pois é a partir dela que são definidos o tamanho da malha, distâncias típicas entre condutores de descida e dos condutores em anel, comprimento mínimo dos eletrodos de terra, entre outras variáveis.

Diante da estrutura estudada, foi necessário utilizar uma combinação de variados métodos de proteção conhecidos para compor um subsistema de captação completo e seguro. Para o telhado central, por seu formato majoritariamente retangular, optou-se por manter o método das malhas (conhecido como Gaiola de Faraday), que já compunha o sistema existente. De acordo com a Tabela 4 da ABNT NBR 5419-3, a malha necessária para classe IV é de 20 x 20 m de afastamento máximo dos condutores.

Conforme mencionado anteriormente, no projeto primário, foi utilizado um espaçamento de aproximadamente 15 x 10 m entre os condutores da malha de captação, o que torna o sistema ainda mais protegido. Contudo, devido à seção inadequada dos condutores em relação à norma, foi instalada uma nova malha com espaçamento de 20 x 20 m e seção de 35 mm² (FIGURA 14).

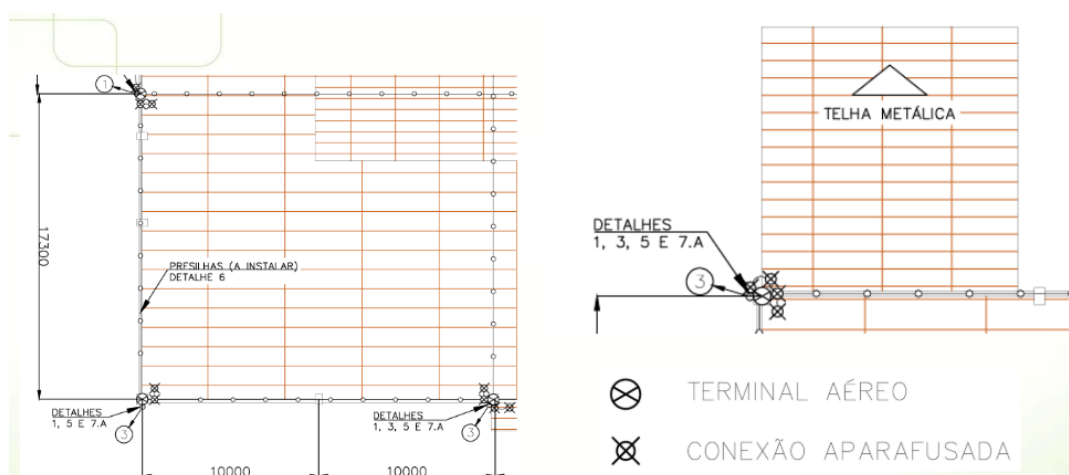
Tabela 4 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante - R (m)	Máximo afastamento dos condutores da malha (m)	Ângulo de proteção α
I	20	5 x 5	Ver Figura 1 da ABNT NBR 5419-3:2015
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 5419-3, 2015.

Como o telhado é rebaixado em relação às paredes do galpão, o perímetro da estrutura, por ser o ponto mais alto, acaba ficando sujeito às descargas atmosféricas. Por isso, foram instalados terminais aéreos nas beiradas do prédio para não deixar pontas expostas, complementando o volume de proteção (FIGURA 14). Eles foram distribuídos no perímetro de forma a priorizar a proteção das quinas, mantendo um espaçamento aproximado ao das malhas (20 x 20 m entre um terminal e outro).

Figura 14 – Malha de captação e terminais aéreos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro detalhe importante é que houve adição de mais telhados laterais ao galpão do almoxarifado (já existiam alguns conforme se pode ver no primeiro projeto). No item 5.2.3.1 da norma diz que estruturas adjacentes devem ser protegidas assim como o edifício principal e interligadas aos condutores de descida. Dessa forma, optou-se pela captação natural, devido ao telhado ser metálico (aço galvanizado), já que sua espessura atende aos requisitos da ABNT NBR 5419 (informação concedida pela empresa possuinte do galpão), conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Espessura mínima de chapas metálicas ou tubulações metálicas em sistemas de captação

Classe do SPDA	Material	Espessura^a t mm	Espessura^b t' mm
I a IV	Chumbo	—	2,0
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	—	0,7
^a t previne perfuração, pontos quentes ou ignição. ^b t' somente para chapas metálicas, se não for importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição.			

Fonte: ABNT NBR 5419-3:2015.

De forma mais clara e resumida, têm-se o subsistema de captação composto pelas seguintes partes:

- Malha de captação - telhado principal;
- Terminais aéreos - perímetro da estrutura principal;
- Captação natural - telhados metálicos adjacentes.

5.2. Novo subsistema de descida

Conforme recomendação da norma, para o subsistema de descida, foram priorizadas as decidas naturais que compunham a estrutura do galpão (colunas metálicas). Onde não havia colunas, foram distribuídas descidas não naturais (eletroduto e cabos), respeitando a

distância máxima de 20 m, imposta pela ABNT NBR 5419-3, na tabela 4. Para isso, foram utilizados cabos de cobre nu de 35 mm² (área de seção mínima - tabela 6 da ABNT NBR 5419).

Os condutores de descida foram dispostos de forma a priorizar os cantos da estrutura, respeitando a distância conforme a classe (20 x 20 m) e proporcionar à corrente o caminho mais curto entre o subsistema de captação e o subsistema de aterramento. Também foi considerado em cada descida não natural a instalação de conectores para ensaios, próximos ao solo a 1,5 m a partir do piso, a fim de facilitar a realização de inspeções futuras.

5.3. Novo subsistema de aterramento

Para o aterramento do SPDA foi escolhida a malha em anel contornando o galpão. Essa malha respeitou a distância mínima de 1 m da edificação e 0,5 m de profundidade, conforme recomendação mínima da ABNT NBR 5419-3 no tópico 5.4.3. Em alguns trechos houve o aumento dessa distância devido aos obstáculos como calçadas elevadas, escadas, entre outros.

O condutor utilizado para a malha de aterramento possui 50 mm² de seção, conforme recomendado pela tabela 7 da ABNT NBR 5419-3, e é conectado ao subsistema de descida através do conector bimetálicos instalados nas caixas de inspeção de cada descida não natural. Além disso, foram instalados três poços de inspeção distribuídos no perímetro da estrutura a fim de facilitar futuras inspeções no sistema.

Foi adicionado também ao projeto um barramento de equipotencialização principal (BEP) para permitir a interligação de diferentes partes metálicas da edificação, colocando todas no mesmo potencial de 0 V. Além disso, foi recomendada a instalação de dispositivos de proteção contra surtos classe I nos painéis de entrada e classe II nos demais painéis elétricos do almoxarifado a fim de atender à exigência da análise de risco (APÊNDICE A) de um MPS nível III-IV.

5.4. Lista de materiais e custo

Após a elaboração do novo projeto de SPDA, contendo todas as correções e adequações necessárias para o atendimento às exigências da norma ABNT NBR 5419:2015, foi

desenvolvida uma lista detalhada de materiais (APÊNDICE C) para a implementação das soluções propostas.

A lista contemplou todos os componentes indispensáveis para a execução do projeto, tais como condutores, captosres, hastes de aterramento, conectores, suportes e demais acessórios. Em seguida, foi realizado um levantamento de preços no mercado junto a diferentes fornecedores, visando assegurar tanto a viabilidade econômica quanto a compatibilidade técnica dos materiais especificados.

Com base no levantamento realizado, obteve-se um valor total estimado de R\$ 61.000,00 para a aquisição de todos os materiais necessários. Esse valor constitui uma referência para o orçamento do projeto, podendo sofrer variações de acordo com o fornecedor, prazos de entrega e eventuais reajustes de preços. A realização dessa etapa foi essencial para o planejamento financeiro, possibilitando avaliar a viabilidade prática da execução do projeto.

6. CONCLUSÃO

A análise realizada neste trabalho permitiu avaliar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) existente na edificação, projetado em 2007, de acordo com a ABNT NBR 5419:2005, e compará-lo com as exigências da versão atual da norma. Embora o levantamento tenha demonstrado que o projeto original atendia, em grande parte, às recomendações técnicas, verificou-se que determinadas adequações eram necessárias para garantir a plena conformidade com a regulamentação vigente. Esse resultado evidencia que, ainda que não tenha havido relevantes alterações no dimensionamento geral, a atualização do sistema se faz imprescindível para assegurar o atendimento às exigências normativas e a continuidade da proteção da edificação, das pessoas e dos equipamentos.

Entre os pontos mais relevantes identificados, destaca-se a discrepância entre a malha de captação exigida pela norma (espaçamento máximo de 20 x 20 m) e a malha instalada (espaçamento de aproximadamente 15 x 10 m), cuja configuração proporciona proteção ainda maior que o mínimo recomendado. Além disso, constatou-se erro no dimensionamento das seções dos cabos de captação e descida, que se encontravam abaixo do especificado pela norma, o que representa um fator de não conformidade que deve ser corrigido para garantir a eficácia do sistema. As demais diferenças observadas, em sua maioria, estavam relacionadas a adaptações voltadas para a otimização de custos, não comprometendo diretamente a segurança do SPDA.

Assim, conclui-se que o projeto analisado não se mostra obsoleto em sua totalidade, mas demanda ajustes pontuais que assegurem sua plena conformidade com a ABNT NBR 5419:2015. A ausência de mudanças significativas entre o projeto original e a versão atualizada não representa fragilidade do trabalho, mas sim a constatação de que, em determinados casos, os projetos antigos já contemplavam margens de segurança que atendem, ainda hoje, às recomendações técnicas. A aplicação da análise de risco e a verificação dos parâmetros atuais reforçam a importância de revisitar periodicamente os projetos de SPDA, garantindo não apenas a conformidade normativa, mas também a confiabilidade contínua do sistema de proteção ao longo da vida útil da edificação.

Para trabalhos futuros recomenda-se o levantamento preciso dos itens presentes dentro das edificações e seus respectivos valores a fim de calcular, de forma legítima, o valor de R4. Ademais, é importante considerar um estudo de solo para aumentar a assertividade do dimensionamento do subsistema de aterramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **Amazonas e Pará são os estados com maior ocorrência de raios no país**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-05/amazonas-e-para-sao-os-estados-com-maior-ocorrencia-de-raios-no-pais>. Acesso em: 20 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRITANNICA. **Lightning meteorology**. 2025. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/lightning-meteorology>. Acesso em: 07 dez. 2025.

DA ROCHA, Gustavo Silva. **Análise de risco de incêndio em instalações elétricas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2023. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/115257>. Acesso em: 16 abr. 2025.

DW Brasil. **Brasil é campeão em monitoramento de raios em regiões tropicais**. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/brasil-é-campeão-em-monitoramento-de-raios-em-regiões-tropicais/a-18190151>. Acesso em: 06 dez. 2025.

FERGÜTZ, Marcos. **Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)**. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/9731/spda3_v5_19_17218293553749_9731.pdf. Acesso em: 27 fev. 2025.

FOLHA DE S. PAULO. **Campeão de incidência de raios, Brasil teve 835 mortes em uma década**. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2023/11/campeao-de-incidencia-de-raios-brasil-teve-835-mortes-em-uma-decada.shtml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

G1. **Raio atinge usina e causa incêndio em tanques de etanol em MG**. Triângulo Mineiro, 28 dez. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2024/12/28/ra>

io-atinge-usina-e-causa-incendio-em-tanques-de-etanol-em-mg-veja-video-do-fogo.ghml. Acesso em: 1 abr. 2025.

IEE USP. **Descargas atmosféricas: conheça seus impactos e os sistemas de proteção.** Disponível em: <https://www.iee.usp.br/noticia/descargas-atmosfericas-conheca-seus-impactos-e-os-sistemas-de-protecao/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL. **Para-raios, descargas atmosféricas e aterramento.** 2014. Disponível em: <https://h materiais.imd.ufrn.br/materialV2/assets/download/conceitos-de-eletricidade/15-para-raios-descargas-atmosfericas-e-aterramento-CONCEITOS-DE-ELETRICIDADE-IMD.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **INPE avalia prejuízos causados por raios.** Disponível em: https://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=936. Acesso em: 23 mar. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Relâmpagos no Brasil.** São José dos Campos, 2025. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5770. Acesso em: 26 mar. 2025.

INPE/ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica. **ELAT – homepage.** Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 8. ed. São Paulo: LTC, 2010.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MOURA, B. A. **Traduções. In: A filosofia natural de Benjamin Franklin: traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz [online].** Santo André: Editora UFABC, 2019. p. 45–144. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/6qjv9/pdf/moura-9786589992288.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PRIESTLEY, Joseph. **The history and present state of electricity: with original experiments**. London: Printed for J. Dodsley, J. Johnson, T. Cadell et al., 1767. Reimpressão: Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 562 p. ISBN 978-1108064392.

SOUZA, André Nunes de et al. **SPDA: Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas – Teoria, Prática e Legislação**. São Paulo: Érica, 2014.

TERMOTÉCNICA PARA-RAIOS E ATERRAMENTOS. **Proteção contra descargas atmosféricas (SPDA+MPS)**. Disponível em: <https://tel.com.br/spda-mps/>. Acesso em: 29 set. 2025.

UMAN, M. A. **Lightning: physics and effects**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

VISACRO, Silvério. **Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2002.

APÊNDICE A – Memorial de cálculo análise de risco

MEMORIAL DE CÁLCULO – ANÁLISE DE RISCO

1. SIGLAS E CONSTANTES UTILIZADAS

SIGLA	DESCRIÇÃO
S1	Raio na estrutura
S2	Raio próximo da estrutura
S3	Raio na linha (força ou telecomunicações)
S4	Raio próximo a linha (força ou telecomunicações)
D1	Danos causados por choque elétrico
D2	Dano físico na estrutura
D3	Falha de sistemas elétricos ou eletrônicos
R1	Risco de perda da vida humana (incluindo invalidez permanente)
R2	Risco de perda do serviço público
R3	Risco de perda do patrimônio cultural
R4	Risco de perda econômica
RA	Componente relacionado com o dano aos seres vivos, causado por choque elétrico devido à tensão de toque ou tensão de passo dentro da estrutura ou fora das mesmas nas zonas até 3m entorno dos condutores de descida
RB	Componente relacionado com o dano físico causado por descargas na estrutura, provocando fogo ou explosão
RC	Componente relacionado à falha dos sistemas internos causada por efeitos eletromagnéticos decorrentes da corrente elétrica da descarga atmosférica na estrutura, que provocam surtos e campos eletromagnéticos
RM	Componente relacionado à falha dos sistemas internos causada por efeitos eletromagnéticos decorrentes da corrente elétrica da descarga atmosférica perto da estrutura, que provocam surtos e campos eletromagnéticos
RU	Componente relacionado com o dano aos seres vivos, causado por choque elétrico devido à tensão de toque ou tensão de passo dentro da estrutura
RV	Componente relacionado com o dano físico (fogo ou explosão causada por centelhamentos perigosos entre instalação externa e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido a corrente do raio transmitida ao longo das linhas de força ou telecomunicação
RW	Componente relacionado à falha dos sistemas internos causada por sobretensões induzidas nas linhas de força ou telecomunicação e transmitida para a estrutura
Notas: Para demais siglas ver ABNT NBR 5419: 2015 parte 1, 2 ,3 e 4.	

CONSTANTES	DESCRIÇÃO
$RT1 = 1 \times 10^{-5}$	Risco de perda de vidas humanas toleráveis (valor típico conforme NBR-5419-2:2015).
$RT4 = 1 \times 10^{-3}$	Risco de perdas econômicas toleráveis (valor típico conforme NBR-5419-2:2015).
$NG = 5,300$	Número de raios para a terra por km ² /ano (conforme o mapa de curvas isocerânicas da ABNT NBR-5419-4:2015, ANEXO F) na região.
$UW = 2,5 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 127/220V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 4,0 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 220/380V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 6,0 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas elétricos internos suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1). Nível de tensão: 400/690V. Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais.
$UW = 1,5 \text{ kV}$	Tensão máxima que os sistemas de telecomunicações suportam (valor típico conforme ABNT NBR-5419-4:2015 Tabela A.1).
$KS_1 = 1$	Blindagem espacial externa (desconsiderada).
Notas: Para demais constantes ver ABNT NBR 5419: 2015 parte 1, 2, 3 e 4.	

2. CÁLCULO SEM INSTALAÇÃO DE PROTEÇÕES

R1 - Risco Perda de Vida Humana		
Descrição	Símbolo	Valor
Risco Tolerável	RT_1	$1,000 \times 10^{-5}$
Risco Calculado	R_1	$4,370 \times 10^{-5}$
Condição 1	$R_1 > RT_1 ?$	SIM
Risco Tolerável	RT_4	$1,000 \times 10^{-3}$
Risco Calculado	R_4	$2,560 \times 10^{-5}$
Condição 2	$R_4 > RT_4 ?$	NÃO
Necessita Proteção contra Descargas Atmosféricas		
Condição 3	SPDA instalado?	NÃO

Fonte: Elaborado pelos autores

R1 - Risco Perda de Vida Humana		
Descrição	Símbolo	Valor
Condição 4	MPS instaladas?	NÃO
Condição 5	RA1 + RB1 + RU1 + RV1	4,370x10 ⁻⁵
	RA1 + RB1 + RU1 + RV1 > RT ?	SIM
	Instalar PDA adequada	
Condição 6	RA1 + RB1	3,796x10 ⁻⁵
	RA1 + RB1 > RT ?	SIM
Instalar SPDA adequado		

Como $R1 > RT$, a proteção contra descargas atmosféricas **É NECESSÁRIA**.

De acordo com a memória de cálculo, as principais contribuições ao risco R1 são os componentes: RA, RB, RU e RV. Para reduzir R1 a um valor tolerável são propostas as seguintes medidas de proteção:

MEDIDAS DE PROTEÇÃO PROPOSTAS	
NÍVEL SPDA A SER INSTALADO	IV
DPS A SER INSTALADO	III-IV

3. CÁLCULO COM A INSTALAÇÃO DAS PROTEÇÕES PROPOSTAS

Refazendo o cálculo de R1 e R4 considerando as medidas de proteção propostas obteve-se o resultado apresentado na tabela abaixo.

R1 - Risco Perda de Vida Humana		
Descrição	Símbolo	Valor
Risco Tolerável	RT ₁	1,000x10 ⁻⁵
Risco Calculado	R1	0,788x10 ⁻⁵
Condição 1	R1 > RT ₁ ?	NÃO
Risco Tolerável	RT ₄	1,000x10 ⁻³

R1 - Risco Perda de Vida Humana		
Descrição	Símbolo	Valor
Risco Calculado	R4	$0,230 \times 10^{-5}$
Condição 2	$R4 > RT_4$?	NÃO
Estrutura Protegida		
Condição 3	SPDA instalado?	SIM
Condição 4	MPS instaladas?	SIM
Condição 5	$RA1 + RB1 + RU1 + RV1$	$0,788 \times 10^{-5}$
	$RA1 + RB1 + RU1 + RV1 > RT$?	NÃO
-		
Condição 6	$RA1 + RB1$	$0,759 \times 10^{-5}$
	$RA1 + RB1 > RT$?	NÃO
-		

De acordo com os resultados das análises de risco, a PDA da edificação deverá estar conforme os níveis de proteção para o MPS e para o SPDA indicados na tabela abaixo.

ITEM	EDIFICAÇÃO	MPS	SPDA
	LOCAL	NP	CLASSE
1	PRÉDIO ALMOXARIFADO CENTRAL E ANEXOS	III-IV	IV

CÁLCULOS ANÁLISE DE RISCO

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E DO MEIO AMBIENTE				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	SPDA Não Instalado		NÃO	
MPS - Medidas de proteção contra surtos	MPS Não Instalado		NÃO	
Densidade de descargas atmosféricas em (km ² /ano)	Informe o valor do NG	NG	5,300	Anexo F
Dimensão da estrutura	Estrutura com formato quadrado ou retangular			Item A.2
	Informe os valores para estruturas quadradas ou retangulares	L	80,000	Dimensões em (m)
		W	126,000	
		H	12,000	
	Informe o valor da altura total da estrutura com a saliência	Hp	0,000	Eq. (A.3)
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	CD	0,500	Tabela A.1
SPDA	Estrutura não protegida por SPDA	PB	1,000	Tabela B.2
Ligação equipotencial*	Sem DPS	PEB	1,000	Tabela B.7

LINHA DE ENERGIA 1				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Comprimento (m)	Comprimento (Assuma LL = 1.000m caso o comprimento seja desconhecido)	LL/p	300,000	Item A.4 e A.5
Fator de instalação	Enterrada	CI/p	0,500	Tabela A.2
Fator de tipo de linha	Linha de energia ou sinal	CT/p	1,000	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	CE	0,100	Tabela A.4
Blindagem da linha*	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	RS/p	--	Tabela B.8
Blindagem, aterramento e isolamento	Tipo de linha externa Linha enterrada não blindada	CLD/p	1,000	Tabela B.4

Fonte: Elaborado pelos autores

LINHA DE ENERGIA 1					
Parâmetros		Comentário	Símbol o	Valor	Ref.
	Conexã o na entrada	Indefinida	CLI/p	1,000	
Estrutura Adjacente		Nenhuma estrutura adjacente	LJ/p	0,000	Dimensões em (m)
			WJ/p	0,000	
			HJ/p	0,000	
Fator de localização da estrutura adjacente			CDJ/p	0,000	Tabela A.1
Tensão suportável de impulso (kV)		UW - 4kV	UW/p	4,000	Tabela B.8
		Parâmetros resultantes	KS4/p	0,250	Eq. (B.7)
			PLD/p	1,000	Tabela B.8
			PLI/p	0,160	Tabela B.9
*(NOTA 5 - ABNT NBR 5419-2:2015, página 47)					

LINHA DE SINAL 1					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Comprimento (m)		Comprimento (Assuma LL = 1.000m caso o comprimento seja desconhecido)	LL/t	1000,000	Item A.4 e A.5
Fator de instalação		Enterrada	CI/t	0,500	Tabela A.2
Fator de tipo de linha		Linha de energia ou sinal	CT/t	1,000	Tabela A.3
Fator ambiental		Urbano	CE	0,100	Tabela A.4
Blindagem da linha*		Blindagem aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ($1 \Omega/\text{km} < RS \leq 5 \Omega/\text{km}$)	RS/t	$1 \Omega/\text{km} < RS \leq 5 \Omega/\text{km}$	Tabela B.8
Blindagem, aterramento e isolamento	Tipo de linha externa	Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	CLD/t	1,000	Tabela B.4
	Conexão na entrada	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	CLI/t	0,000	
Estrutura Adjacente		Nenhuma estrutura adjacente	LJ/t	0,000	Dimensões em (m)
			WJ/t	0,000	
			HJ/t	0,000	

Fonte: Elaborado pelos autores

LINHA DE SINAL 1				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Fator de localização da estrutura adjacente		CDJ/t	0,000	Tabela A.1
Tensão suportável de impulso (kV)	UW - 1,5 kV	UW/t	1,500	Tabela B.8
	Parâmetros resultantes	KS4/t	0,667	Eq. (B.7)
		PLD/t	0,800	Tabela B.8
		PLI/t	0,500	Tabela B.9
*(NOTA 5 - ABNT NBR 5419-2:2015, página 47)				

DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE EXPOSIÇÃO				
Zona	Descrição	Tempo da presença (horas)		Número de pessoas
		Diário	Anual	
Z1	AO REDOR DA EDIFICAÇÃO	24	8760	2
Z2	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO	10	3650	55
Z3	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS	10	3650	30
Z4	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS	10	3650	15
TOTAL				102

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z1 – AO REDOR DA EDIFICAÇÃO				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso	Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)	Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)	Não aplicável	PTU	0,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão	Incêndio: Baixo	rf	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z1 – AO REDOR DA EDIFICAÇÃO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		KS1 = 0,12 x Wm1	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		KS2 = 0,12 x Wm2	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	-	KS3	0,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	-	PSPD	0,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	-	KS3	0,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	-	PSPD	0,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	2,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	8760	
		Fator	-	0,020	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z1 – AO REDOR DA EDIFICAÇÃO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z2 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso		Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)		Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio: Alto	rf	0,100	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		KS1 = 0,12 x Wm1	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		KS2 = 0,12 x Wm2	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z2 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	hz	2,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	55,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,225	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z3 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso		Mármore, cerâmica	rt	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)		Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio: Normal	rf	0,010	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		$KS1 = 0,12 \times Wm1$	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		$KS2 = 0,12 \times Wm2$	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z3 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	30,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,123	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso		Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)		Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio: Baixo	rf	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes,	rp	0,500	Tabela C.4

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		compartimentos à prova de fogo, rotas de escape			
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		$KS1 = 0,12 \times Wm1$	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		$KS2 = 0,12 \times Wm2$	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	15,000	

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,061	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

ÁREAS DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTES DAS ESTRUTURAS E DAS LINHAS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado (m ²)	Ref.
Estrutura	$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$	AD	28983,504	Eq. (A.2)
	$AM = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$	AM	991398,163	Eq. (A.7)
Linha de energia	$AL/P = 40 \times LL$	AL/p	12000,000	Eq. (A.9)
	$AI/P = 4000 \times LL$	AI/p	1200000,000	Eq. (A.11)
	$ADJ/P = LJ \times WJ + 2 \times (3 \times HJ) \times (LJ + WJ) + \pi \times (3 \times HJ)^2$	ADJ/p	0,000	Eq. (A.2)
Linha de sinal	$AL/T = 40 \times LL$	AL/t	40000,000	Eq. (A.9)
	$AI/T = 4000 \times LL$	AI/t	4000000,000	Eq. (A.11)
	$ADJ/T = LJ \times WJ + 2 \times (3 \times HJ) \times (LJ + WJ) + \pi \times (3 \times HJ)^2$	ADJ/t	0,000	Eq. (A.2)

NÚMERO ESPERADO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado	Ref.
Estrutura	$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$	ND	0,077	Eq. (A.4)
	$NM = NG \times AM \times 10^{-6}$	NM	5,254	Eq. (A.6)

Fonte: Elaborado pelos autores

NÚMERO ESPERADO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado	Ref.
Linha de energia	$NL/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	NL/p	0,003	Eq. (A.8)
	$NI/P = NG \times AI/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	NI/p	0,318	Eq. (A.10)
	$NDJ/P = NG \times ADJ/T \times CDJ/T \times CT/P \times 10^{-6}$	NDJ/p	0,000	Eq. (A.5)
Linha de sinal	$NL/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NL/t	0,011	Eq. (A.8)
	$NI/T = NG \times AI/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NI/t	1,060	Eq. (A.10)
	$NDJ/T = NG \times ADJ/T \times CDJ/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NDJ/t	0,000	Eq. (A.5)

CÁLCULO DA PROBABILIDADE Px DE DANOS									
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Ref.	Equação
D1 Ferimentos devido a choque	S1 - Estrutura	PA	1,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (B.1)	$PA=PTA*PB$
	S3 - Linha de Energia	PU/p	0,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (B.8)	$PU/P=PTU*PEB*PLD/P*CLD/P$
	S3 - Linha de Sinal	PU/t	0,00 0	0,80 0	0,80 0	0,80 0	0,00 0	Eq. (B.8)	$PU/T=PTU*PEB*PLD/T*CLD/T$
D2 Danos Físicos	S1 - Estrutura	PB	1,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Tabela B.2	
	S3 - Linha de Energia	PV/p	1,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (B.9)	$PV/P=PEB*PLD/P*CLD/P$
	S3 - Linha de Sinal	PV/t	0,80 0	0,80 0	0,80 0	0,80 0	0,00 0	Eq. (B.9)	$PV/T=PEB*PLD/T*CLD/T$
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	S1 - Estrutura	PC	0,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (14)	$PC=1-(1-PC/P)*(1-PC/T)$
	S2 - Perto da estrutura	PM	0,00 0	0,47 9	0,72 9	0,85 9	0,00 0	Eq. (15)	$PM=1-(1-PM/P)*(1-PM/T)$
	S3 - Linha de Energia	PW/p	0,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (B.10)	$PW/P=PSPD/P*PLD/P*CLD/P$
	S3 - Linha de Sinal	PW/t	0,00 0	0,80 0	0,80 0	0,80 0	0,00 0	Eq. (B.10)	$PW/T=PSPD/T*PLD/T*CLD/T$
	S4 - Perto da Linha de Energia	PZ/p	0,00 0	0,16 0	0,16 0	0,16 0	0,00 0	Eq. (B.11)	$PZ/P=PSPD/P*PLI/P*CLI/P$

Fonte: Elaborado pelos autores

CÁLCULO DA PROBABILIDADE P _x DE DANOS									
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Ref.	Equação
	S4 - Perto da Linha de Sinal	PZ/t	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	Eq. (B.11)	$PZ/T = PSPD/T * PLI/T * CLI/T$

R1 - RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (VALORES x 10 ⁻⁵)											
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Estrutura	Perc. (%)	Ref.	Equação
D1 Ferimentos devido a choque	S1 - Estrutura	RA1	0,015	0,173	0,009	0,047	0,000	0,244	6%	Eq. (6)	$RA = ND * PA * LA$
	S3 - Linha de Energia	RU1/P	0,000	0,007	0,000	0,002	0,000	0,009	0%	Eq. (10)	$RU/P = (NL + NDJ) * PU * LU$
	S3 - Linha de Sinal	RU1/T	0,000	0,019	0,001	0,005	0,000	0,025	1%	Eq. (10)	$RU/T = (NL + NDJ) * PU * LU$
D2 Danos Físicos	S1 - Estrutura	RB1	0,002	3,451	0,094	0,005	0,000	3,552	81%	Eq. (7)	$RB = ND * PB * LB$
	S3 - Linha de Energia	RV1/P	0,000	0,143	0,004	0,000	0,000	0,147	3%	Eq. (11)	$RV/P = (NL + NDJ) * PV * LV$
	S3 - Linha de Sinal	RV1/T	0,000	0,381	0,010	0,001	0,000	0,392	9%	Eq. (11)	$RV/T = (NL + NDJ) * PV * LV$
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	S1 - Estrutura	RC1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (8)	$RC = ND * PC * LC$
	S2 - Perto da estrutura	RM1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (9)	$RM = NM * PM * LM$
	S3 - Linha de Energia	RW1/P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (12)	$RW/P = (NL + NDJ) * PW * PW$
	S3 - Linha de Sinal	RW1/T	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (12)	$RW/T = (NL + NDJ) * PW * TW$
	S4 - Perto da Linha de Energia	RZ1/P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (13)	$RZ/P = NI * PZ * PLZ$
	S4 - Perto da Linha de Sinal	RZ1/T	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (13)	$RZ/T = NI * PZ * TLZ$
TOTAL			0,017	4,174	0,119	0,060	0,000	4,370	100%		

Fonte: Elaborado pelos autores

R4 - RISCO DE PERDA ECONÔMICA				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Ferimento devido a choque	Todos os tipos onde somente animais estão presentes	Lt	1,00E-02	Tabela C.12
Danos físicos	Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial	Lf	2,00E-01	Tabela C.12
Falha de sistemas	Hospital, industrial, escritório, hotel, comercial	Lo	1,00E-02	Tabela C.12
Valor dos animais na zona		ca	0,00E+00	-
Valor da edificação relevante à zona		cb	1,00E+00	
Valor do conteúdo da zona		cc	1,00E-01	
Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades		cs	1,00E+00	
Valor total da estrutura		ct	3,00E+00	
Valores	$LU=LA=rt*Lt*ca/ct$	LU=LA =L A	0,00E+00	Eq. C.10
	$LB=LV=rp*rf*hz*Lf*(ca+cb+cc+cs)/ct$	LB=LV	2,00E-03	Eq. C.12
	$LC=LM=LW=LZ=Lo*cs/ct$	LC=LM = LW = LZ	3,64E-03	Eq. C.13

Equação	Id	Valor	Referência	Tolerável	Atende?
$R4=RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$	R4	2,56E-05	Eq. 4	1,00E-03	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores

MEMÓRIA DE CÁLCULO	
Proteção contra Descargas Atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de Risco (ABNT NBR 5419-2:2015)	
Estrutura/Edificação:	Prédio Almojarifado Central e Anexos

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E DO MEIO AMBIENTE				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	SPDA Instalado		SIM	
MPS - Medidas de proteção contra surtos	MPS Instalado		SIM	
Densidade de descargas atmosféricas em (km ² /ano)	Informe o valor do NG	NG	5,300	Anexo F
Dimensão da estrutura	Estrutura com formato quadrado ou retangular			Item A.2
	Informe os valores para estruturas quadradas ou retangulares	L	80,000	Dimensões em (m)
		W	126,000	
		H	12,000	
	Informe o valor da altura total da estrutura com a saliência	Hp	0,000	Eq. (A.3)
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	CD	0,500	Tabela A.1
SPDA	Estrutura protegida por SPDA classe IV	PB	0,200	Tabela B.2
Ligação equipotencial*	III-IV	PEB	0,050	Tabela B.7

LINHA DE ENERGIA 1				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Comprimento (m)	Comprimento (Assuma LL = 1.000m caso o comprimento seja desconhecido)	LL/p	300,000	Item A.4 e A.5
Fator de instalação	Enterrada	CI/p	0,500	Tabela A.2
Fator de tipo de linha	Linha de energia ou sinal	CT/p	1,000	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	CE	0,100	Tabela A.4
Blindagem da linha*	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento	RS/p	--	Tabela B.8

Fonte: Elaborado pelos autores

LINHA DE ENERGIA 1					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		de equipotencialização do equipamento			
Blindagem, aterramento e isolamento	Tipo de linha externa	Linha enterrada não blindada	CLD/p	1,000	Tabela B.4
	Conexão na entrada	Indefinida	CLI/p	1,000	
Estrutura Adjacente		Nenhuma estrutura adjacente	LJ/p	0,000	Dimensões em (m)
			WJ/p	0,000	
			HJ/p	0,000	
Fator de localização da estrutura adjacente			CDJ/p	0,000	Tabela A.1
Tensão suportável de impulso (kV)		UW - 4kV	UW/p	4,000	Tabela B.8
		Parâmetros resultantes	KS4/p	0,250	Eq. (B.7)
			PLD/p	1,000	Tabela B.8
			PLI/p	0,160	Tabela B.9
*(NOTA 5 - ABNT NBR 5419-2:2015, página 47)					

LINHA DE SINAL 1					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Comprimento (m)		Comprimento (Assuma LL = 1.000m caso o comprimento seja desconhecido)	LL/t	1000,000	Item A.4 e A.5
Fator de instalação		Enterrada	CI/t	0,500	Tabela A.2
Fator de tipo de linha		Linha de energia ou sinal	CT/t	1,000	Tabela A.3
Fator ambiental		Urbano	CE	0,100	Tabela A.4
Blindagem da linha*		Blindagem aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento (1 Ω/km < RS ≤ 5 Ω/km)	RS/t	1 Ω/km < RS ≤ 5 Ω/km	Tabela B.8
Blindagem, aterramento e isolamento	Tipo de linha externa	Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	CLD/t	1,000	Tabela B.4

Fonte: Elaborado pelos autores

LINHA DE SINAL 1					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
	Conexão na entrada	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	CLI/t	0,000	
Estrutura Adjacente		Nenhuma estrutura adjacente	LJ/t	0,000	Dimensões em (m)
			WJ/t	0,000	
			HJ/t	0,000	
Fator de localização da estrutura adjacente			CDJ/t	0,000	Tabela A.1
Tensão suportável de impulso (kV)		UW - 1,5 kV	UW/t	1,500	Tabela B.8
		Parâmetros resultantes	KS4/t	0,667	Eq. (B.7)
			PLD/t	0,800	Tabela B.8
			PLI/t	0,500	Tabela B.9
*(NOTA 5 - ABNT NBR 5419-2:2015, página 47)					

DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE EXPOSIÇÃO				
Zona	Descrição	Tempo da presença (horas)		Número de pessoas
		Diário	Anual	
Z1	AO REDOR DA EDIFICAÇÃO	24	8760	2
Z2	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO	10	3650	55
Z3	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS	10	3650	30
Z4	DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS	10	3650	15
TOTAL				

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z1 – AO REDOR DA EDIFICAÇÃO				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso	Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)	Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)	Não aplicável	PTU	0,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão	Incêndio: Baixo	rf	0,001	Tabela C.5

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z1 – AO REDOR DA EDIFICAÇÃO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		KS1 = 0,12 x Wm1	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		KS2 = 0,12 x Wm2	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	-	KS3	0,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	-	PSPD	0,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	-	KS3	0,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	-	PSPD	0,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	2,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	8760	
		Fator	-	0,020	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z2 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso		Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)		Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio: Alto	rf	0,100	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		$KS1 = 0,12 \times Wm1$	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		$KS2 = 0,12 \times Wm2$	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	hz	2,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z2 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ALMOXARIFADO					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	55,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,225	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z3 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso		Mármore, cerâmica	rt	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)		Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio: Normal	rf	0,010	Tabela C.5

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z3 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Sem blindagem espacial			
		Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural	Wm1	0,000	
			Wm2	0,000	
		KS1 = 0,12 x Wm1	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		KS2 = 0,12 x Wm2	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	30,000	

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z3 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ESCRITÓRIOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,123	
L1: Parâmetros Resultantes		LA = LU	LA	0,000	Eq. (C.1)
		LB = LV	LB	0,000	Eq. (C.3)
		LC = LM = LW = LZ	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
Tipo de piso	Agricultura, concreto	rt	0,010	Tabela C.3
Proteção contra choque (raio na estrutura)	Nenhuma medida de proteção	PTA	1,000	Tabela B.1
Proteção contra choque (raio na linha)	Nenhuma medida de proteção	PTU	1,000	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão	Incêndio: Baixo	rf	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	rp	0,500	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Sem blindagem espacial			
	Wm1 e Wm2 são as larguras em (m) da blindagem em forma de grade ou dos condutores de descidas do SPDA tipo malha ou o espaçamento entre as colunas metálicas da estrutura ou o espaçamento	Wm1	0,000	
		Wm2	0,000	

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
		entre as estruturas de concreto armado atuando com um SPDA natural			
		$KS1 = 0,12 \times Wm1$	KS1	1,000	Eq. (B.5)
		$KS2 = 0,12 \times Wm2$	KS2	1,000	Eq. (B.6)
Linha de Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
Linha de Sinal	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	KS3	1,000	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	PSPD	1,000	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Perigo especial	Sem perigo especial	hz	1,000	Tabela C.6
	D1: tensão de toque e de passo		LT	0,010	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Industrial, comercial	LF	0,020	
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	
Fator para pessoas na zona		Número total de pessoas	nt	102	Tabela-Z
		Número de pessoas na zona	nz	15,000	
		Tempo total de exposição na zona (horas por ano)	tz	3650	
		Fator	-	0,061	
L1: Parâmetros Resultantes		$LA = LU$	LA	0,000	Eq. (C.1)
		$LB = LV$	LB	0,000	Eq. (C.3)
		$LC = LM = LW = LZ$	LC	0,000	Eq. (C.4)
L2: Perda de serviço ao público	D2: devido a danos físicos	Não aplicável	LF	0,000	Tabela C.8

Fonte: Elaborado pelos autores

FATORES VÁLIDOS PARA A ZONA – Z4 – DENTRO DA EDIFICAÇÃO - ANEXOS					
Parâmetros		Comentário	Símbolo	Valor	Ref.
	D3: devido a falhas em sistemas internos	Não aplicável	LO	0,000	

ÁREAS DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTES DAS ESTRUTURAS E DAS LINHAS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado (m²)	Ref.
Estrutura	$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$	AD	28983,504	Eq. (A.2)
	$AM = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$	AM	991398,163	Eq. (A.7)
Linha de energia	$AL/P = 40 \times LL$	AL/p	12000,000	Eq. (A.9)
	$AI/P = 4000 \times LL$	AI/p	120000,000	Eq. (A.11)
	$ADJ/P = LJ \times WJ + 2 \times (3 \times HJ) \times (LJ + WJ) + \pi \times (3 \times HJ)^2$	ADJ/p	0,000	Eq. (A.2)
Linha de sinal	$AL/T = 40 \times LL$	AL/t	40000,000	Eq. (A.9)
	$AI/T = 4000 \times LL$	AI/t	400000,000	Eq. (A.11)
	$ADJ/T = LJ \times WJ + 2 \times (3 \times HJ) \times (LJ + WJ) + \pi \times (3 \times HJ)^2$	ADJ/t	0,000	Eq. (A.2)

NÚMERO ESPERADO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado	Ref.
Estrutura	$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$	ND	0,077	Eq. (A.4)
	$NM = NG \times AM \times 10^{-6}$	NM	5,254	Eq. (A.6)
Linha de energia	$NL/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	NL/p	0,003	Eq. (A.8)
	$NI/P = NG \times AI/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	NI/p	0,318	Eq. (A.10)
	$NDJ/P = NG \times ADJ/T \times CDJ/T \times CT/P \times 10^{-6}$	NDJ/p	0,000	Eq. (A.5)
Linha de sinal	$NL/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NL/t	0,011	Eq. (A.8)

NÚMERO ESPERADO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS				
Parâmetros	Equação	Símbolo	Resultado	Ref.
	$NI/T = NG \times AI/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NI/t	1,060	Eq. (A.10)
	$NDJ/T = NG \times ADJ/T \times CDJ/T \times CT/T \times 10^{-6}$	NDJ/t	0,000	Eq. (A.5)

CÁLCULO DA PROBABILIDADE Px DE DANOS									
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Ref.	Equação
D1 Ferimentos devido a choque	S1 - Estrutura	PA	0,20 0	0,20 0	0,20 0	0,20 0	0,00 0	Eq. (B.1)	PA=PTA*PB
	S3 - Linha de Energia	PU/p	0,00 0	0,05 0	0,05 0	0,05 0	0,00 0	Eq. (B.8)	PU/P=PTU*PEB*PLD/P*CLD/P
	S3 - Linha de Sinal	PU/t	0,00 0	0,04 0	0,04 0	0,04 0	0,00 0	Eq. (B.8)	PU/T=PTU*PEB*PLD/T*CLD/T
D2 Danos Físicos	S1 - Estrutura	PB	0,20 0	0,20 0	0,20 0	0,20 0	0,00 0	Tabela B.2	
	S3 - Linha de Energia	PV/p	0,05 0	0,05 0	0,05 0	0,05 0	0,00 0	Eq. (B.9)	PV/P=PEB*PLD/P*C LD/P
	S3 - Linha de Sinal	PV/t	0,04 0	0,04 0	0,04 0	0,04 0	0,00 0	Eq. (B.9)	PV/T=PEB*PLD/T*C LD/T
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	S1 - Estrutura	PC	0,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (14)	PC=1-(1-PC/P)*(1-PC/T)
	S2 - Perto da estrutura	PM	0,00 0	0,47 9	0,72 9	0,85 9	0,00 0	Eq. (15)	PM=1-(1-PM/P)*(1-PM/T)
	S3 - Linha de Energia	PW/p	0,00 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,00 0	Eq. (B.10)	PW/P=PSPD/P*PLD/P*CLD/P
	S3 - Linha de Sinal	PW/t	0,00 0	0,80 0	0,80 0	0,80 0	0,00 0	Eq. (B.10)	PW/T=PSPD/T*PLD/T*CLD/T
	S4 - Perto da Linha de Energia	PZ/p	0,00 0	0,16 0	0,16 0	0,16 0	0,00 0	Eq. (B.11)	PZ/P=PSPD/P*PLI/P*CLI/P
	S4 - Perto da Linha de Sinal	PZ/t	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	Eq. (B.11)	PZ/T=PSPD/T*PLI/T*CLI/T

R1 - RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (VALORES x 10 ⁻⁵)											
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Estrutura	Perc. (%)	Ref.	Equação
D1 Feriment	S1 - Estrutura	RA1	0,03	0,035	0,002	0,009	0,000	0,049	6%	Eq. (6)	RA=ND*PA*LA

Fonte: Elaborado pelos autores

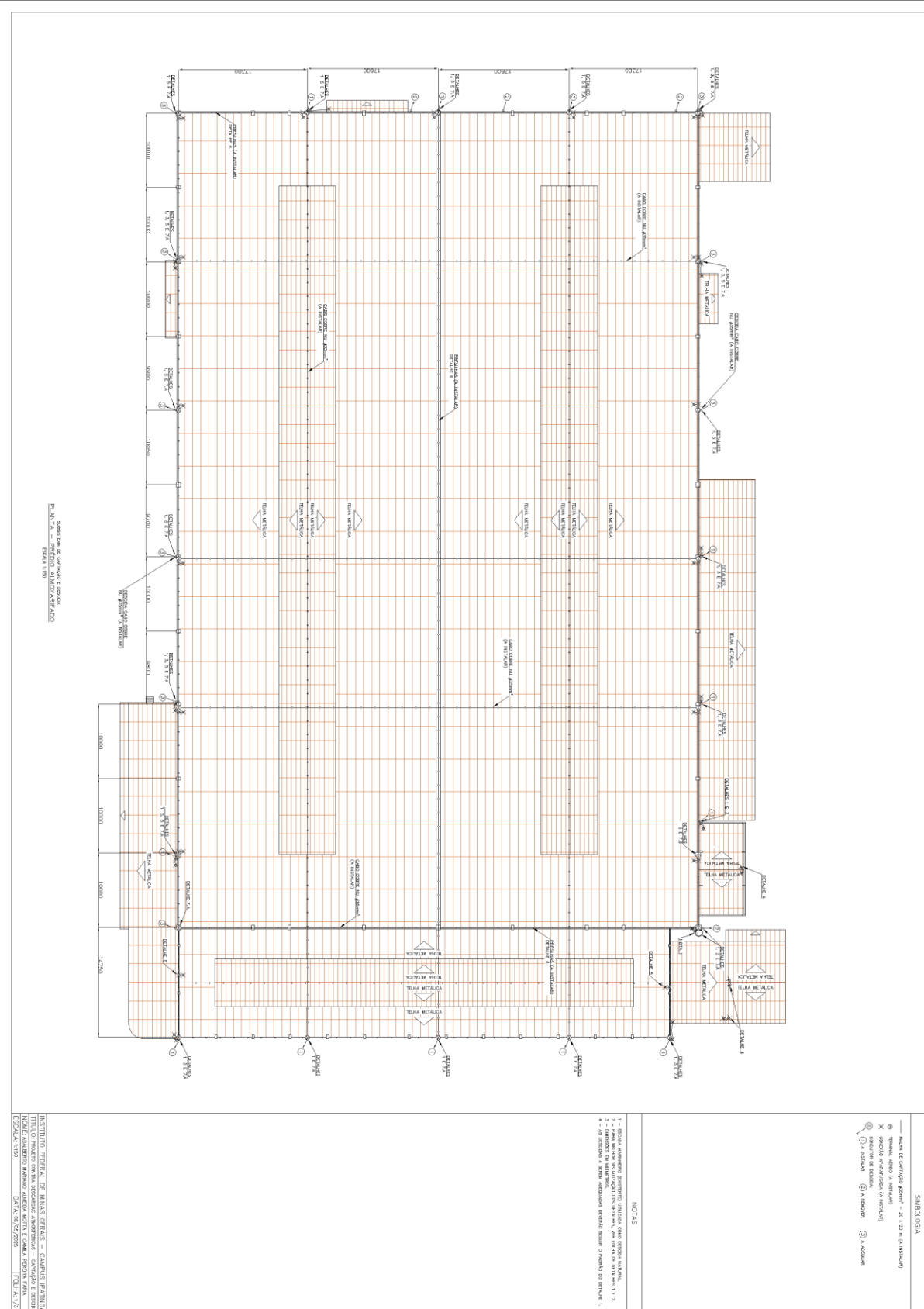
R1 - RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (VALORES x 10 ⁻⁵)											
Tipo de Dano	Fonte de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Estrutura	Perc. (%)	Ref.	Equação
os devido a choque	S3 - Linha de Energia	RU1/P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (10)	$RU/P=(NL+NDJ)*PU*LU$
	S3 - Linha de Sinal	RU1/T	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0%	Eq. (10)	$RU/T=(NL+NDJ)*PU*LU$
D2 Danos Físicos	S1 - Estrutura	RB1	0,000	0,690	0,019	0,001	0,000	0,710	90%	Eq. (7)	$RB=ND*PB*LB$
	S3 - Linha de Energia	RV1/P	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007	1%	Eq. (11)	$RV/P=(NL+NDJ)*PV*LV$
	S3 - Linha de Sinal	RV1/T	0,000	0,019	0,001	0,000	0,000	0,020	2%	Eq. (11)	$RV/T=(NL+NDJ)*PV*LV$
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	S1 - Estrutura	RC1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (8)	$RC = ND*PC*LC$
	S2 - Perto da estrutura	RM1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (9)	$RM=NM*PM*L$ M
	S3 - Linha de Energia	RW1/P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (12)	$RW/P=(NL+NDJ)*PW/P*LV$
	S3 - Linha de Sinal	RW1/T	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (12)	$RW/T=(NL+NDJ)*PW/T*LV$
	S4 - Perto da Linha de Energia	RZ1/P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (13)	$RZ/P=NI*PZ/P*L$ Z
	S4 - Perto da Linha de Sinal	RZ1/T	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	Eq. (13)	$RZ/T=NI*PZ/T*L$ Z
TOTAL			0,003	0,752	0,021	0,011	0,000	0,788	100%		

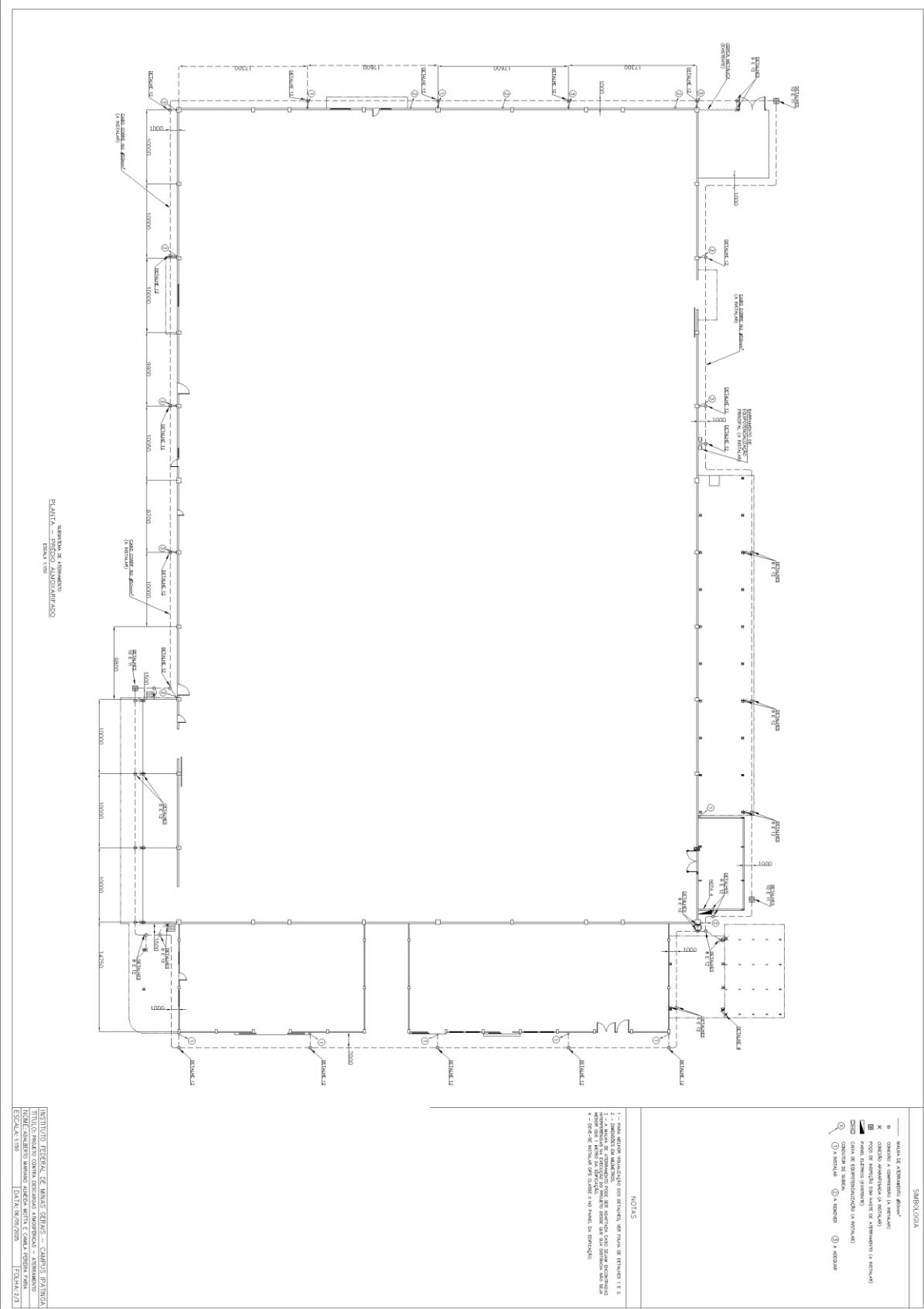
Fonte: Elaborado pelos autores

ITEM	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	N.A.	OBSERVAÇÕES
1	Possui projeto arquitetônico?	X			182-02-0010
2	Possui projeto de SPDA e aterramento?	X			182-85-0006
3	Possui projeto de combate a incêndio?		X		-
4	Dimensões (LxWxH) em metros	X			(80 x 126 x 12) m
5	Possui estruturas muito mais altas próximas?		X		-
6	Possui taxa de Ocupação (número de pessoas e horas de trabalho por dia)?	X			Z1: descrição possui 2 pessoas por 24 horas Z2: descrição possui 55 pessoas por 10 horas Z3: descrição possui 30 pessoas por 10 horas Z4: descrição possui 15 pessoas por 10 horas
7	Possui linha de energia?	X			Linha de Energia 1: BT
8	Possui linha de sinal?	X			Telefonia
9	Possui proteção contra incêndio?	X			Z1: possui extintores de incêndio Z2: possui extintores de incêndio Z3: possui extintores de incêndio Z4: possui extintores de incêndio
10	Possui risco de incêndio ou explosão?	X			Z1: risco de incêndio baixo Z2: risco de incêndio alto Z3: risco de incêndio normal Z4: risco de incêndio baixo
11	Qual é o tipo do piso?	X			Z1: agricultura, concreto Z2: agricultura, concreto Z3: mármore, cerâmica Z4: agricultura, concreto
12	Qual é o material do telhado e a espessura (quando for telha metálica)?	X			Telha metálica

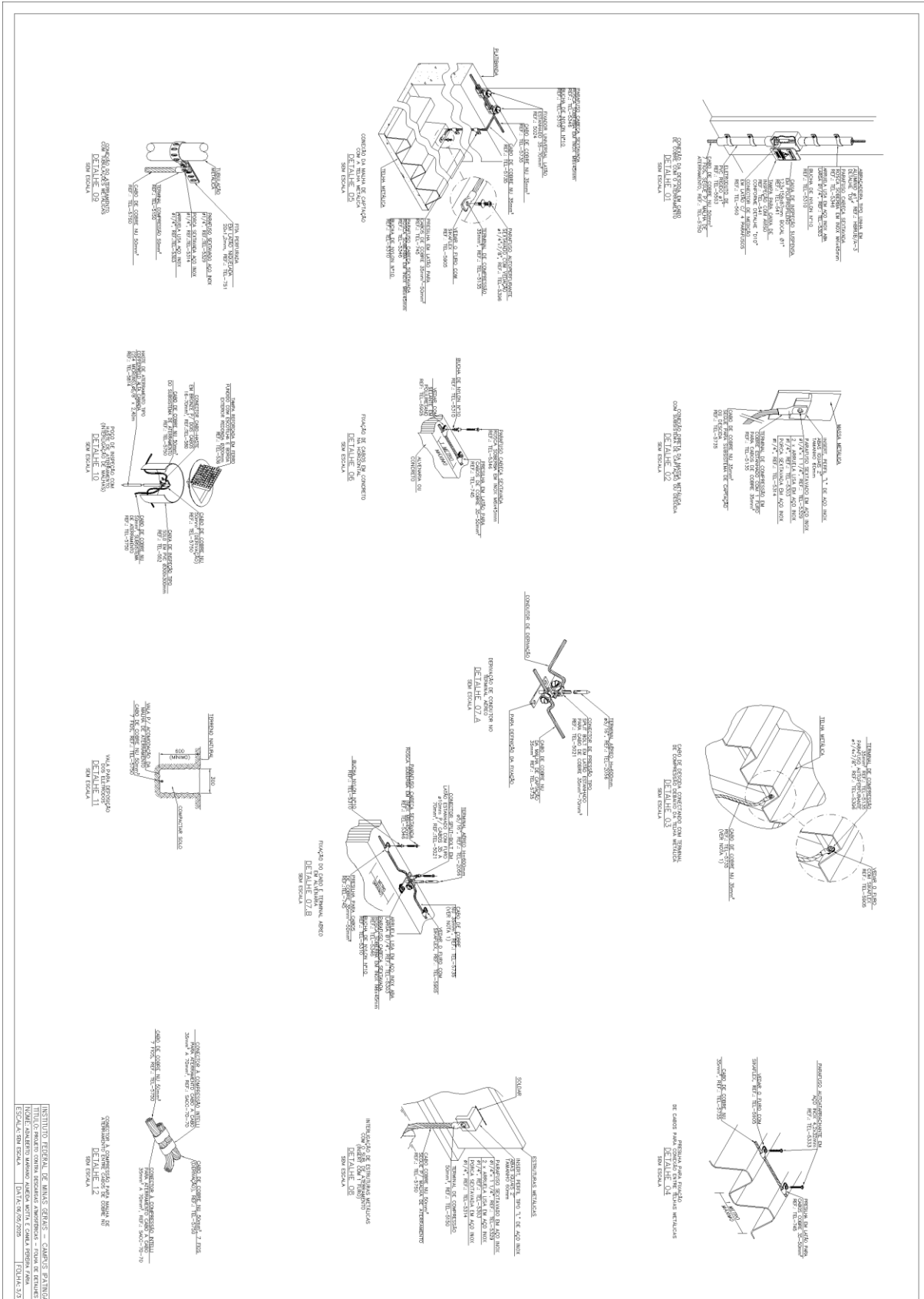
Fonte: Elaborado pelos autores

APÊNDICE B – Novo projeto





Fonte: Elaborado pelos autores



APÊNDICE C – Lista de materiais

LISTA DE MATERIAL - PROJETO SPDA							
DATA		DESCRIÇÃO	ELABORADO POR				
04/10/2025		LM para projeto de SPDA	Adalberto Mariano Almeida Motta e Camilla Pereira Faria				
Item	Unid.	Qtd.	Descrição do material	Fabricante	Custo Unitário	Custo Total	Referência
1	M	376,53	CABO DE COBRE NU 50MM2 - 7 FIOS X 3,45MM	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-5770	R\$ 38,36	R\$ 14.443,69	EletromV
2	M	1383	CABO DE COBRE NU 35MM2 - 7 FIOS X 3,45MM	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-5770	R\$ 25,30	R\$ 34.989,90	EletromV
3	PÇ	36	CONECTOR À COMPRESSÃO PARA ATERRAMENTO CABO x CABO 35-70MM2	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-3570	R\$ 23,90	R\$ 860,40	Pj Neblina
4	PÇ	3	TAMPA REFORÇADA COM ESCOTILHA EM FERRO FUNDIDO Ø300MM	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-536	R\$ 135,90	R\$ 407,70	Pj Neblina
5	PÇ	3	CAIXA DE INSPEÇÃO TIPO SOLO Ø300X300MM, EM PVC, FORMATO REDONDO	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-552	R\$ 31,90	R\$ 95,70	Pj Neblina
6	PÇ	3	HASTE DE ATERRAMENTO TIPO COPPERWELD ALTA CAMADA (254 MICRONS) Ø5/8" x 2,40m	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-5814	R\$ 146,80	R\$ 440,40	MULTISEG
7	PÇ	3	GRAMPO ATERRAMENTO / CONECTOR EM BRONZE CABO - HASTE PARA 2 CABOS DE COBRE DE 16-70MM2 COM GRAMPO "U", PORCAS E ARRUELAS EM AÇO GALVANIZADO.	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-580	R\$ 88,87	R\$ 266,61	LoiaEletrical IDA
8	PÇ	3	DISPOSITIVO CONTRA SURTOS - CLASSE II - Imax = 30kA - In = 10kA - Up = 1,5kV - Un = 275V - SLIM	CLAMPER REF.: VCL 275V 30kA SLIM	R\$ 61,27	R\$ 183,81	Ribeirão Automação
9	PÇ	21	CAIXA DE INSPEÇÃO PARA DESCIDAS EM POLIPROPILENO 123X158X87MM BOCAL ø1" (DN 32)	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-541	R\$ 105,31	R\$ 2.211,51	LoiaEletrical IDA
10	PÇ	21	CONECTOR DE MEDIÇÃO EM LATÃO COM 4 PARAFUSOS PARA CABOS DE COBRE / AÇO COBREADO 35-70MM2.	TERMOTÉCNICA REF.: TEL-560	R\$ 52,83	R\$ 1.109,43	LoiaEletrical IDA
11	PÇ	21	ELETRODUTO RÍGIDO CINZA EM PVC ø1 "x 3000MM SEM LUVA	HIDROSSOL REF.: A1203	R\$ 25,30	R\$ 531,30	Eletnor

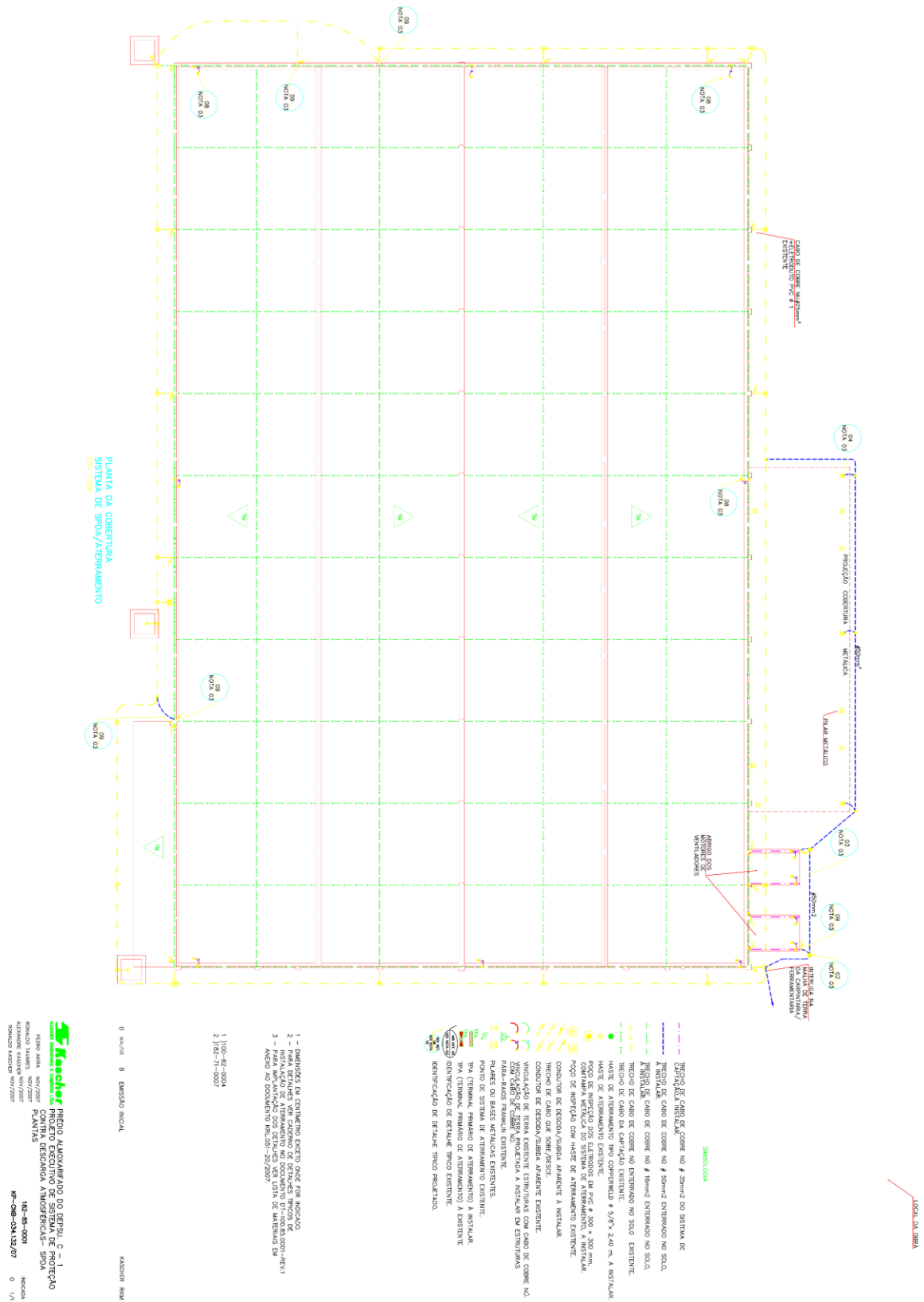
LISTA DE MATERIAL - PROJETO SPDA		
DATA	DESCRIÇÃO	ELABORADO POR
04/10/2025	LM para projeto de SPDA	Adalberto Mariano Almeida Motta e Camilla Pereira Faria

Item	Unid.	Qtde.	Descrio do material	Fabricante	Custo Unitrio	Custo Total	Referncia
12	PÇ	56	ABRAÇADEIRA TIPO UNHA EM ALUMINIO PARA ELETRODUTO DE ø1"	MOFERCO REF.: O3+OB3	R\$ 5,18	R\$ 290,08	SANTIL
13	PÇ	650	BUCHA DE NYLON Ø10MM	FISCHER REF.: S10 MODELO TERMOTCNICA REF.: TEL-5310	R\$ 0,15	R\$ 97,50	Marchio.com
14	PÇ	120	ARRUELA LISA EM INOX DIAMETRO NOMINAL Ø1/4", DIAMETRO INTERNO Ø7MM, DIAMETRO EXTERNO 18,5MM, ESPESSURA 1,4MM	CARLETO REF. PARAF. 1/4" E PARF. BUCHA S10 TEL-5303	R\$ 0,27	R\$ 32,40	Plenobras
15	PÇ	650	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA, GALVANIZADO, ROSCA PARCIAL, DIAMETRO Ø6,1 MM X 65 MM.	CARLETO P/ BUCHA S10 TERMOTCNICA REF.: TEL-5346	R\$ 0,79	R\$ 513,50	Copal Parafusos
16	KG	2,2	PERFIL "L" 316L EM AÇO INOX ABAS IGUAIS, PESO NOMINAL 5,44KG/M, DIMENSOES (ABAS) 2", ESPESSURA 6,35MM, FORNECER LANCE DE 6,00 METROS	PERFIL - L	R\$ 334,37	R\$ 735,61	Loja LHD
17	PÇ	15	TERMINAL A COMPRESSO TUBULAR 1 FURO PARA CABOS DE 35MM2	TERMOTCNICA REF.: TEL-5170	R\$ 4,05	R\$ 60,75	LojaElétrica TDA
18	PÇ	15	TERMINAL A COMPRESSO TUBULAR 1 FURO PARA CABOS DE 50MM2	TERMOTCNICA REF.: TEL-5170	R\$ 3,75	R\$ 56,25	LojaElétrica TDA
19	PÇ	28	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA EM AÇO INOX DIAMETRO NOMINAL Ø1/4"X1,1/4"(31,75)	TERMOTCNICA REF.: TEL-5329	R\$ 1,55	R\$ 43,40	Plenobras
20	PÇ	28	PORCA SEXTAVADA EM AÇO INOX DIAMETRO NOMINAL Ø1/4"	CARLETO TERMOTCNICA REF.: TEL-5314	R\$ 0,40	R\$ 11,20	LojaElétrica TDA
21	PÇ	21	PLACA DE ADVERTÊNCIA DO SUBSISTEMA DE DESCIDA, A SER FABRICADA, CONFORME DETALHE 1 DO DES.: CAPTAÇÃO E DESCIDA	ADESIVO	R\$ 2,00	R\$ 42,00	Papyrus Copiadora

LISTA DE MATERIAL - PROJETO SPDA			
DESCRÇÃO		ELABORADO POR	
DATA			
04/10/2025	LM para projeto de SPDA	Adalberto Mariano Almeida Motta e Camila Pereira Faria	

Item	Unid.	Qtde.	Descrição do material	Fabricante	Custo Unitário	Custo Total	Referência
22	PÇ	48	PARAFUSO AUTO-ATARRAXANTE, AUTO-BROCANTE, GALVANIZADO, CABEÇA SEXTAVADA, DIAMETRO NOMINAL Ø1/4"X7/8".	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-5396	R\$ 0,42	R\$ 20,16	Parafuso Fácil
23	PÇ	550	PRESILHA EM LATÃO FURO DE Ø8MM PARA CABOS DE 35~50MM²	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-745	R\$ 2,02	R\$ 1.111,00	LojaElétrical TDA
24	PÇ	22	CONECTOR PARA MINICAPTORES SPLIT-BOLT EM LATÃO ESTANHADO COM FURO Ø8 - Ø10MM VERTICAL PARA MINICAPTORES E CABOS DE 35 – 70MM2.	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-5021	R\$ 46,76	R\$ 1.028,72	LojaElétrical TDA
25	PÇ	10	SELANTE DE VEDAÇÃO EM POLIURETANO BISNAGA 380g	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-5905	R\$ 20,90	R\$ 209,00	ConstruTintas
26	PÇ	20	TERMINAL A COMPRESSÃO TUBULAR 1 FURO PARA CABOS DE 50MM2	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-5150	R\$ 3,75	R\$ 75,00	LojaElétrical TDA
27	PÇ	20	CONECTOR UNIVERSAL EM LATÃO ESTANHADO PARA CABOS 35~70MM2 DIAMETRO DO FURO DE FIXAÇÃO 6,5MM.	TERMOTÉCNICA REF.: TEL.-5024	R\$ 32,42	R\$ 648,40	LojaElétrical TDA
					TOTAL =	R\$ 60.515,42	

ANEXO A – Projeto antigo



Fonte: Kascher, 2007.